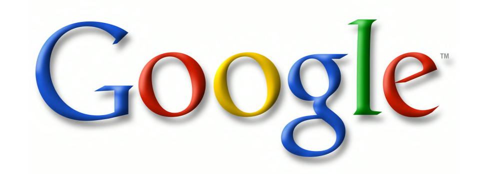






Die

Versandung von Venedig

und ihre Ursachen.

Mit vier lithographirten Tafeln und vier Tabellen.

Von

Dipl. Ing. Martin Kovatsch,

Professor an der k. k. technischen Hochschule in Brünn.

Separatabdruck aus den Verhandl. des naturforsch. Vereines in Brünn.
Band XIX. und XX.

Leipzig 1882.

Verlag von E. L. Morgenstern, Königsstrasse Nr. 24.

Druck von W. Burkart in Brünn.

Dem Herrn

Dr. August Weeber

Reichstags- und Landtagsabgeordneten

der Stadt Olmütz des österr. Kronlandes Mähren

etc. etc. etc.

mit dankerfülltem Herzen gewidmet

vom Verfasser.

Inhalt.

Berichtigungen.

Seite	5	Zeile	2	von	oben	statt	„Vice-Präsidenten“	lies:	Zweiten Präsidenten.
„	14	„	13	„	unten	„	„Colmaten“	„	Colmation.
„	15	„	5	„	oben	„	„wobei dann“	„	worauf dann.
„	17	„	10	„	unten	„	„einen Theil seiner“	„	eines Theiles seiner.
„	39	„	16	„	„	„	„erosirenden“	„	erodirenden.
„	45	„	letzte	„	„	„	„des Verfassers“	„	desselben Verfassers.
„	47	„	28	„	„	„	„8938 Jahre“	„	8398 Jahre.
„	48	„	18	„	„	„	„Legnano“	„	Legnago.
„	50	„	15	„	„	„	„17212“	„	172·12.
„	58	„	11 u. 12	„	„	„	„den argine . . . den Litorale	„	dem argine . . . dem Litorale.
„	64	„	6	„	„	„	„der Stadt in der Lagune“	„	der Stadt und der Lagune.
„	95	„	1	„	„	„	„in einem unter der“	„	in einem über der.
„	96	„	23	„	„	„	„Am Continente“	„	Auf dem Continente.
„	105	„	10	„	oben	„	„in Arbeit umsetzt“	„	in Arbeit umgesezt.
„	116	„	1	„	unten	„	„entsteht die Frage“	„	entstehen die Fragen.
„	127	„	13	„	„	„	„während sie straucheln“	„	während sie strauchelt.
„	139	„	3	„	oben	„	„Fundament zu liegen kam“	„	Fundamente zu liegen kamen.
„	158	„	13	„	„	„	„Obermarinecommando“	„	Marine-Obercommando.
„	160	„	letzte	„	unten im Nenner statt		„26“	„	2·6.
„	165	„	7	„	oben	statt	„Componente GE“	„	Kraft GR.
„	170	„	5	„	„	„	„Schnitt AA′“	„	Schnitt DD′.
„	170	„	14,16,18	„	„	„	„Fig. 5, 4, 3, 2“	„	Fig. 6, 5, 4, 3.
„	174	„	9, 17, 21	„	unten	„	„Tafel II“	„	Tafel III.
„	175	„	4	„	oben	„	„Tafel II“	„	Tafel III.
„	176	„	11	„	unten	„	„SS, RR“	„	SS′, RR′.

Die Versandung von Venedig.



Es schlummert eine hehre,
Seltsame Stadt im Meere,
Mit tausend bunten Zinnen,
Im Meere blau und still.
Schön wie ein Traum zu schauen,
Der bei des Morgens Grauen
In Luft und Duft zerrinnen,
Ins Nichts zerfliessen will. —
Venezia (D. II. 57) v. Alfred Meissner.

Vorbemerkungen.

Die Erhaltung der Lagunen und Häfen ist für die Bewohner von Venedig von solcher Wichtigkeit, dass ein Unterbinden dieser Lebensadern, durch eine Trennung der Lagune von dem sie belebenden Meere, den sofortigen Ruin der Stadt nach sich ziehen müsste; in der Malaria des Sumpfes ist die Existenz so vieler Menschen dann nicht mehr denkbar.

Die Gefahren, welche die Stadt von allen Seiten bedrohen, haben die alten Venetianer seinerzeit längst schon tief gewürdigt. In der Blüthezeit der Republik bestand zu diesem Zwecke eine eigene Magistratssection mit der Obliegenheit, sich nur mit den lagunaren Wasserbaufragen zu beschäftigen; diese Behörde wurde später ständig, und heute existirt sie unter dem Titel: „Commissione Reale pel miglioramento delle Lagune e Porti Veneti.“

Die lagunaren Wasserbaufragen, welche die Erhaltung der Lagune bezwecken, zerfallen naturgemäss in zwei Hauptgruppen: in jene an der Landseite und in jene, welche die Meerseite der Lagune behandeln. Während der Continentalbewohner den ihn umgebenden Boden durch Entwässerung oder durch massvolle Bewässerung urbar zu machen, oder ertragsfähig zu erhalten strebt, verfolgt der Lagunenbewohner ganz entgegengesetzte Ziele. Er sucht das ihn umgebende Wasser, dessen Wellen seinen Wohnsitz umschaukeln, möglichst tief und fischreich zu erhalten; der Schifffahrt und der

Fischerei verdankt er ja hauptsächlich seine Existenz, und einer sumpffreien Lagune seine Gesundheit und das Leben.

Damit derlei Localitäten gesund und bewohnbar erhalten werden, erfordert die Seltenheit der Verhältnisse, die Ueberwachung durch eigene Fachmänner, deren ganzes Streben dahin gerichtet ist, die Wirkungen des Wassers zu beobachten, die thätigen Kräfte zu erlauschen und sie je nach ihrer Natur entweder unschädlich oder den angestrebten Zwecken dienstbar zu machen. Es ist ein gar gewaltiger Kampf, welchen Venedig fast seit einem Jahrtausend mit dem Element, in welchem es geboren wurde, zu führen bemüssiget ist.

Die Ingenieure der Stadt Venedig bewachen ängstlich alle Vorgänge, in der Lagune sowohl, wie am Meere; und es muss anerkennend erwähnt werden, dass bei den gegebenen Mitteln gute Wache gehalten wird.

Es war in den sechziger Jahren, als die Verlandung der unteren Lagune durch die Brenta, die Bedrohung der Existenz der Stadt Chioggia, in Venedig die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich zog, und die eben genannte Commission daran ging, der bedrohten Stadt Hilfe zu bringen.

Selbst nach dem Jahre 1870 wurde über die Erhaltung der Lagunen und Häfen viel discutirt und dabei die vitalsten Fragen erörtert. Als ich im Jahre 1875, gelegenheitlich einer mit meinem hochverehrten Lehrer Herrn Regierungsrath und Professor C. Scheidtenberger in Graz besprochenen Schweizer Studienreise, den Weg über Venedig nahm, da brachten die dortigen Tagesblätter verschiedene Ansichten und Nachrichten über die Verlandung der Lagunen, und obschon die schönen Tage des damaligen Aufenthaltes längst verklungen waren — so wollte mir das Schicksal der einstigen Königin der Adria nimmermehr aus dem Sinne gehen. Freunde und Bekannte erhielten den Grundriss der lagunaren Vorgänge und Verhältnisse seither in mir rege durch Autopsie und durch Detailstudien unterstützt, nahmen im Laufe der Jahre alle Bilder Gestalt und Form an, bis dann Herr Professor Gustav v. Niessl mit warmer Unterstützung mich ermuthigte, die bisherigen Studienresultate im naturforschenden Vereine zu Brünn in einem Vortrage zur Sprache zu bringen, und dieselben mit der vorliegenden Schrift einstweilen abzuschliessen.

Ich kann auch nicht weiter gehen, ohne noch früher dem **hohen österreichischen Unterrichtsministerium,** insbesondere aber

dem gewesenen Leiter desselben, **Sr. Excellenz dem Herrn Carl Edlen von Stremayr,** k. k. geheimen Rath, VicePräsidenten des obersten Gerichts- und Cassationshofes etc. etc., für alle edle und warme Unterstützung und den hohen Schutz, mit welchem es mir möglich wurde, meinen Gedankenkreis zu erweitern und die vorliegende Studie aus dem Keime entwickeln zu können — vom ganzen Herzen zu danken.

Es ist eine eigenthümliche Welt von Erscheinungen an der Meeresküste zwischen der Po- und der Piavemündung. Als ich daran ging, die dortigen Vorgänge zu studiren, so geschah es mit einer gewissen Befangenheit. Durch das nöthig werdende Eingreifen aller Wissensgebiete, wird die Zusammenfassung der Schilderungen schwierig, und dabei wird die Darstellung des Ganges der Verlandungen, bei dem oft lückenhaften Beobachtungsmateriale, durch das Bestehen des ephemeren Werthes vieler Ansichten, oft sehr complicirt. Mir schien es deshalb angezeigt, etwas über die Grenzen der gestellten Aufgabe hinauszugehen. Die einleitende Skizze über die lombardisch-venetianische Ebene, die Erörterungen der hydrographischen und hyetographischen Verhältnisse Oberitaliens sind eben, wohlbemerkt, skizzenhafte Beigaben, welche die Aufgabe erfüllen sollen, Vorstellungen zu beleben und den mit der Localität weniger vertrauten Leser mit der Natur und den Eigenthümlichkeiten derselben bekannter zu machen; die Schwingungsamplitude der Erscheinungswelt liegt in diesem Landstriche zwischen dem Gebirge und dem Meere, und der Durchgangspunkt für die Extreme der schwingenden Erscheinungen ist die Meeresküste — der Strand!

Aus der Vergangenheit sowie aus der Gegenwart liegt über den vorliegenden Gegenstand eine solche Menge Studienmateriales vor, dass es mehr als eines Menschenalters bedürfen würde, die naturwissenschaftliche wie die technisch-wissenschaftliche Partie vollständig zu sichten. Venedig besteht seit 14 Jahrhunderten und früher schon haben die Flotten der Römer und jene anderer Völker diese Küste belebt. Wer die Lage und die Geschichte von Venedig, die Entstehung, die einstige Grösse der Macht und des Glanzes und den Niedergang der Stadt kennt, wird begreifen können, dass auch bezüglich der Verlandungsvorgänge eine Menge, darunter aber auch viele unvollkommene Aufzeichnungen existiren. Die Erklärungen gewisser Erscheinungen, die Vorstellungen über die verschiedenen Vorgänge in der Lagune sind, weil die Naturwissenschaften damals

noch nicht so wie heute Gemeingut Aller waren, einigermassen getrübt. Gegenwärtig, wo das Gesichtsfeld der forschenden und lernenden Menschheit sich zusehends erweitert, sich frei entwickelt, wo der Horizont des Wissens sich immer weiter ausdehnt, haben sich die Wissensgebiete derart vermehrt, dass bei dem andauernden Gährungsprocesse, Untersuchungen, neue Entdeckungen, Berichtigungen in staunenswerther Weise zunehmen. Wenn ich daher in meinen Bestrebungen gezwungen war, bei der Ergänzung einiger Lücken zur Wahrscheinlichkeit Zuflucht nehmen zu müssen, wenn ich auf der weiten Fahrt zu meinem Ziele, am Wege dahin von mancher Blume verlockt, länger zu verweilen, nicht jene Höhe erklimmen konnte, wo in freier Umsicht und klarer Atmosphäre sich den Sinnen das vollständigste Bild des zu behandelnden Stoffes offenbart, so möge der geehrte Leser, wenn er das Glasprisma der Kritik an die Arbeit legt, in Anbetracht der grossen Aufgabe milde urtheilen; es bleibt ja nicht ausgeschlossen, dass Versäumtes nachgeholt werden könne.

Ich muss weiters erwähnen, dass mir die anerkennenswerthen Arbeiten sehr hervorragender Fachmänner, wie jene des bekannten Herrn Schiffscapitäns Alessandro Cialdi über die Meeresbewegungen an Häfen und Flussmündungen vom hydraulischen Gesichtspunkte betrachtet (Dei movimenti del mare, sotto l'aspetto idraulico nei Porti e nelle Rive), dann jene des Herrn Oberingenieurs Filippo Lanziani über das neueste Project der Brentaregulirung (Sul Brenta e sul Novissimo, relazione pel miglioramento di Porti e Lagune Venete), sowie jene der Herren Ingenieure Tommaso Mati und Conte Antonio Contin, über die Regulirung des Hafens von Lido (Relazione sulla regolarizzazione del Porto di Lido), ein guter Leitfaden waren, um mich bei der Complicirtheit der localen Verhältnisse dort zurechtzufinden. Die übrigen Quellen des Beweismateriales, soweit es nöthig war, um die eigenen Studien zu ergänzen, sind am Ende des Buches angegeben.

Dem Freunde, dem bewährten Ingenieur und Mitgliede der Commission für die Verbesserung und Erhaltung der Häfen und Lagunen von Venedig, Herrn Conte Anton Contin di Castel seprio, spreche ich für alle mir in jeder Hinsicht von seiner Seite zu Theil gewordene Unterstützung meinen besten Dank aus.

Die landseitigen, durch die Flüsse hervorgebrachten Verlandungen liegen klar vor den Augen. Complicirter werden die Studien

der meerseitigen Anlandungsverhältnisse. Ich habe jahrelang darüber nachgeforscht, und soweit ich die Mittel dazu hatte, dieselben verfolgt, und habe auch alle darüber bestehenden Ansichten und Meinungen zu Rathe gezogen. Als mir vor Kurzem erst die vorher citirte und selten gewordene Schrift Cialdi's in die Hände kam, da fand ich meine Vermuthungen durch ein so überaus reiches Erfahrungsmateriale bestätigt, dass ich die Ansichten und Lehren Cialdi's, dem das Meer zur zweiten Heimat geworden ist, sogleich acceptirte, und ihnen, soweit es erforderlich, in den Rahmen dieser Schrift den gebührenden Platz anwies; ich behalte mir aber vor, dieses Capitel seinerzeit noch in einer Separatabhandlung eingehender zur Sprache zu bringen.

Wenn man von Ausnahmsfällen, wie z. B. von grossen geologischen Umwälzungen, mögen die Angelpunkte hiefür kosmischer oder terrestrischer Natur sein, absieht, so unterliegt es wohl keinem Zweifel, dass die Verlandung der Lagune, wenn die Naturkräfte den bisherigen Gang einhalten, in nicht allzuferner Zeit vollzogen sein wird. Der menschlichen Vertheidigungsfähigkeit und dem Wissen bleibt nur vorbehalten, den Process, den ich zu schildern unternommen habe, zu verzögern.

Lange bevor noch in diesem Landstrich das feuchte Kleid der Lagune vertrocknet sein wird, beginnt der verderbenbringende Uebergangszustand, welchen die Venetianer mit „impaludazione“ (Versumpfung) bezeichnen. Naturgemäss sollte ich dieser Schrift eigentlich den Titel: „Die Versumpfung Venedigs“ an die Spitze stellen. Bei der gegebenen Sachlage habe ich diesen Titel nicht acceptirt. Durch die Ablenkung der Flüsse sind, Dank den alten Venetianern, die landseitigen Lagunenverlandungen in der Nähe von Venedig gegenwärtig auf ein Minimum reducirt, und die dort drohende Gefahr auf lange Zeit hinausgeschoben. Dessenungeachtet haben die Naturkräfte einen anderen Weg gefunden, um ihr Ziel langsam aber sicher zu erreichen.

Die meerseitigen Sandanhäufungen bringen durch die drohende Verschliessung der lagunaren Zufahrtsstrassen dem Bestand der Lagune gegenwärtig weit grössere Gefahren. Sobald die von den Meereswellen angehäuften Sandbänke die lagunaren Verbindungswege an der Meerseite geschlossen haben werden, dann können die belebenden Gezeiten nicht mehr in die Lagune dringen, in dem stillen, ruhig gewordenen, vom Meere getrennten Lagunenbecken

beginnt dann, von der Verdunstung unterstützt, die Sumpfvegetation ungestört und rapid zu wuchern. Die Wahrscheinlichkeit des frühern Eintreffens des eben geschilderten Umbildungsprocesses bewog mich, weil der Meersand es sein wird, welcher den verderbenbringenden Ring um die Stadt schliessen dürfte, der vorliegenden Schrift den milder klingenden Titel: „Die Versandung von Venedig" voranzustellen.

Im Verlaufe der kommenden Betrachtungen tritt der physikalische Theil dieser Schrift in den Vordergrund, und der wissenschaftlich-technische schmiegt sich den Resultaten der naturwissenschaftlichen Discussionen naturgemäss an. Wenn auch der behandelte Stoff einer mehr seltenen Localität angehört, so wird, wer will, darin auch Manches finden, was auch für die continentalen Verhältnisse von einigem Werth erscheint. Alle Erscheinungen gehen ja von einem gemeinsamen Erregungsmittelpunkte aus.

Die Sonne ist es, die durch ihre Wärme im Gebirge wie auf dem Meere alles in Bewegung erhält. Am Continent ist es die Besonnung, das Eis, die Verwitterung u. s. w., welche die oberste Gesteinskruste lockern und die Niederschläge der Luftströmungen, welche die Zertrümmerungsproducte dem Gestade der Meere zuführen. Im Meere selbst sind es ebenfalls die Luftströmungen, die Winde, welche die Kraft der schlummernden Meereswelle erregen, sie anspornen zu vernichten oder zu bauen, Küsten zu zernagen oder Land anzuhäufen. Wie mannigfaltig sind die Vorgänge und wie mannigfaltig die Massregeln, die der Mensch gegen die Einflüsse desselben Krafterregungscentrums trifft, um sich zu schützen und zu vertheidigen.

Bei den Ansichten der jetzt herrschenden Zeitströmung laufe ich freilich Gefahr, dass die Ergebnisse der vorliegenden Studie in geringerem Werthe erscheinen, weil die Eigenarten der Betrachtungen nicht sofort in klingendes Gold gemünzt werden können. Wer aber den Willen und die Geduld hat, den gegebenen Darstellungen aufmerksam zu folgen, wird darin manches Nützliche vorfinden; ich gebe deshalb die Hoffnung nicht auf, dass mancher Leser meinem Gemälde über das Schicksal der vielbesuchten Lagunenstadt dennoch einiges Interesse abgewinnen dürfte.

Am Schlusse dieser Vorbemerkungen angekommen, drängt es mich noch, einer mir theuern Persönlichkeit zu gedenken, die mir in mancher schweren Stunde mit treuer Freundeshand zur

Seite gestanden. Ich tauche daher die Feder nochmals ein, und glaube meine Gefühle am Besten zum Ausdrucke zu bringen, wenn ich die Studienresultate, welche ich in der vorliegenden bescheidenen Arbeit niedergelegt habe, dem Herrn **Dr. August Weeber,** Reichstags- und Landtagsabgeordneten des österreichischen Kronlandes Mähren, mit der Versicherung treuer und aufrichtiger Anhänglichkeit widme und zueigne.

Brünn, 16. Juli 1881.

Einleitung.

A. Allgemeines über die Entstehung und den geologischen Bau der norditalienischen Tiefebene.

Aus den Muttergesteinen der Alpen und Apenninen entstanden, und von den Letzteren im Norden, Westen und Süden amphitheatralisch umgeben, breitet sich die wasserreiche norditalienische Ebene bis zu den nördlichen Küstenbogen der Adria aus. Die zahlreichen Wasserläufe derselben entladen sich zwischen Triest und Rimini entweder directe, oder durch die Lagunen von Comacchio, Venedig, Caorle, Grado in das Meer, welches einst den Fuss der dortigen Gebirge bespült, und dessen westlicher Meeresbusen sogar bis zum Monte Viso, wo gegenwärtig die Quellen des Po liegen, gereicht haben soll. In Folge der natürlichen Grenzen ist die Lage der norditalienischen Ebene derart, dass es begreiflich erscheint, weshalb dieses Land durch lange Zeit selbstständig, und auch politisch und historisch von dem übrigen Theile der italienischen Halbinsel getrennt war.

Als das norditalienische Schwemmland sich zu bilden begann, und die Gletscher nach der Eiszeit, mit Hinterlassung der dieselben characterisirenden Bildungen sich aus der bestandenen Meeresbucht zurückgezogen hatten, da waren an der Landseite vornehmlich die Temperaturextreme des Luftkreises und jene des Wassers thätig, welche die oberste Schichte der alpinen Gebirgswelt lockerten; die zahlreichen Niederschläge transportirten diese Mineralmassen in den natürlichen Gerinnen, und brachten einen grossen Theil derselben an den Küsten des Meeres zur Ruhe.

Von andern Vorgängen abgesehen, wird die nivellirende und landaufbauende Thätigkeit des Wassers in dem westlichen Theile der Meeresbucht — der heutigen lombardisch-venetianischen Ebene — mit Hinblick auf die dort situirten zahlreichen Wasseradern und auf die Thätigkeit des Meeres, wohl am stärksten gewesen sein. Die in das einstige Meer niedersteigenden wilden Gebirgswässer — die heutigen Nebenflüsse des Po — mögen damals, wie es heute noch unsere Wildbäche in den Gebirgsthälern thun, die mitgeführten Geschiebs-

und Sedimentmassen an ihren Mündungen vorerst in mächtigen Schuttkegeln deponirt, und die Letzteren normal auf die von West nach Ost gerichtete Axe der bestandenen Meeresbucht vorgeschoben, und die Küsten der Apenninen und Alpen auf diese Weise immer näher aneinander gerückt haben. Während die feineren Bestandtheile, den gröbern der deponirten Schwemmproducte vorauseilend, unter dem Einflusse des bewegten Meeres am Grund desselben zur Ruhe kamen, bereiteten dieselben die Basis für die nachrückende schwerere Geschiebsmasse der Schuttkegel, für die Landmassen der sonst vorschreitenden Küsten, für alle Salz- und Süsswasserbildungen — als das Fundament des ganzen Schwemmlandes — vor, auf welchem lange später, und erst nachdem das Meer verdrängt wurde, oder sich zurückgezogen hatte, eine fruchtbare Deckschichte zur Aufnahme einer reichen üppigen Vegetation, entstehen konnte.

Der kolossale Gebirgswall der Alpen und Apenninen war vermöge des reichlichen Vorrathes an Verwitterungsproducten im Verein mit der landaufbauenden und zernagenden Action des Meeres aber auch im Stande, das Schwemmland an den Flussmündungen und an den übrigen Meeresgestaden zu nähren und die Ausbildung desselben durch Vermittlung der zahlreichen Wasserläufe und des an dieses Gebiet stossenden Meeresbeckens, wie später gezeigt werden wird, zu fördern.

Die Flüsse wurden bekanntlich dort geboren, wo ihre Quellen noch gegenwärtig liegen; die weitere Entwicklung der Fluss-Systeme gehört den später folgenden geologischen Perioden an. So war es auch beim Po. Dieser Strom empfängt in der Nähe seines Quellengebietes sehr mächtige Zuflüsse wie die Dora Riparia, die Stura, die Dora Baltea, den Tanaro u. s. w. Zwischen den Ausläufern der Apenninen bei Turin und den Seealpen gelegen, ist das norditalienische Diluvialbecken am schmälsten. Die in der Nähe vom heutigen Turin von den Alpen kommenden Flüsse, die Dora Riparia, die Stura, konnten wie heute die Adda im Comosee durch ihren Schuttkegel den Lago di Mezzola allmälig von demselben abschnürt, es auch so thun, und die von Turin bis zu den Po-Quellen einst vorhanden gewesene Bucht, von dem damals bestandenen Meere durch Abschnürung abtrennen. Eine gänzliche Isolirung dieses Wasserbeckens wäre aber aus dem Grunde nicht denkbar, weil die Strömungstendenz der im Quellengebiete des Po in das kleinere Becken, und von dort in das östlich von Turin gelegen gewesene Meer — abfliessenden Gewässer an der Abschnürungsstelle bis zur Ausfüllung der Bucht — stets ein Gerinne offen hielten.

Hätten die Dora Riparia und andere in der Nähe situirten Wasserläufe das südlich von Turin gelegen gewesene Wasserbecken durch ihre Geschiebsdeponien vom Meere dennoch abgeschnitten, so wäre dieses Wasserbecken von den Gewässern des Po-Quellengebietes mit der Zeit ausgesüsst und ausgefüllt worden, und der an derselben Stelle entstandene Wasserlauf — der junge Po — hätte sich mit der Dora Riparia und den andern ostwärts gelegenen Alpenflüssen später doch vereiniget. Nun begann der Po, durch Zuflüsse verstärkt durch die landanhäufenden Meeresbewegungen unterstützt, die weitere Arbeit des Ausbaues des von Turin ostwärts liegenden Schwemmlandes dieser Ebene. Jene Flüsse der Alpen und Apenninen, welche mit dem Po damals noch nicht vereiniget waren, suchten mittlerweile den bestandenen Meerbusen, durch ihre Anschwemmungsproducte allmälig zu verengen, und dabei schienen bei dem weiteren Ausbau der Po-Ebene hauptsächlich zwei Hauptmomente massgebend gewesen zu sein. Entweder konnten die damals noch selbstständig gewesenen Flüsse der Alpen und Apenninen, mit dem Meere vereint, eine solche Kraft entwickeln, dass sie den Meerbusen von Turin ostwärts, an einzelnen Stellen förmlich abschnüren konnten, und dass der nachrückende Po, fort neue Zuflüsse aufnehmend, die durch Abschnürung entstandenen Wasserbecken mit seinen Anschwemmungsproducten ausfüllte, und die Flüsse nach und nach seinem Stromgebiet einverleibte, oder es ging die Landbildung, wie man es heute bei der Brenta, dem Bacchiglione, der Etsch, dem Reno, Lamone u. s. w. beobachten kann, — vor sich. Während der Po, durch zahlreiche Zuflüsse unterstützt, mit seinem Delta, den rechts und links davon liegenden Küstenstrichen weit vorauseilt, haben einerseits die Etsch, der Bacchiglione, die Brenta, der Reno, der Lamone u. s. w., andererseits das Meer mit seiner dort entschieden landbildenden Thätigkeit, die Aufgabe, die zurückgebliebenen Küstenstriche auszubauen, und so lange nachzuschieben, bis sie dem Po einverleibt werden, um die landbildende Thätigkeit mit denselben seinerzeit gemeinschaftlich fortzusetzen.

Die Flüsse haben durch den Auftrag der dem Gebirge entlehnten Mineralmassen, wie wir sehen werden, aber namentlich das Meer, bei der Bildung des norditalienischen Schwemmlandes die Hauptarbeit verrichtet; dass aber auch andere Einflüsse, seien sie kosmischer oder terrestrischer Natur, ob jetzt nach Herrn Dr. Schmick durch säculäre Umsetzung der Meere, oder nach andern Ansichten durch Bodenschwankungen — die Trockenlegung der Ebene beförderten oder verzögerten, ist klar; nur wären Einflüsse solcher Natur in dem vor-

liegenden Falle, wo bei der Bildung dieser Ebene die Flüsse und das Meer die Hauptarbeit verrichteten, als der Letztern beigeordnete Wirkungen zu betrachten. Die wenigen darauf Bezug nehmenden Wahrnehmungen werden im Laufe der Besprechungen eingeflochten.

Als das norditalienische Schwemmland nach und nach dem Meere entstieg, muss die Oberfläche desselben von zahlreichen Seen, Teichen, Sümpfen und wild fliessenden Wasserläufen bedeckt gewesen sein. Die plötzliche Gefällsänderung der Gebirgsflüsse bedingte, dass sie bei der Ankunft in der neuen Ebene, das schwere Geschiebe schon am Fusse des Gebirges zurücklassen mussten, und nur die feineren, leichteren Gesteinszerreibungs-Producte auf den weiteren Weg mitnehmen und zur Ausbildung der obersten Schichte des Schwemmlandes verwenden konnten. So erwuchs aus dem Chaos der wild durcheinander geworfenen Wasserläufe die fruchtbare Ebene. Die Sümpfe der Niederungen nahmen überschüssige Hochwässer und die darin enthaltenen Schlammquantitäten der angeschwollenen Flüsse auf, erhöhten damit den Sumpfboden, und der Aufbau des Landes wurde im Wege der natürlichen Colmation fortgesetzt. Die vorhandenen Sumpfniederungen dienten den Flüssen also als Entlader, die dort aufgespeicherten Hochwassermassen flossen unter Zurücklassung ihres Schlammes, mit der Senkung des Wasserspiegels im Hauptflusse, nach und nach wieder ab, oder verdunsteten. Diese Vorgänge in der Natur ahmt ja auch der Mensch durch Anlage von künstlichen Entladungsreservoirs nach, um dadurch die Schäden grosser Hochwässer, welche Letztere dem cultivirten Lande der Niederungen bringen, abzuschwächen und das aufgespeicherte Wasser zur Bewässerung, zu industriellen Zwecken, oder wenn es trüb, schlammig ist, zur Hebung des Sumpfbodens, im Wege der künstlichen Colmaten, zu benützen.

Wann die erste menschliche Besiedlung des norditalienischen Schwemmlandes stattgefunden hat, ist wohl schwer festzustellen. In historischer Zeit soll der östliche Theil dieser Ebene ursprünglich von Venetern und der westliche an dem Meere gelegene Theil von Ligurern bewohnt gewesen sein. Zu diesen gesellten sich dann noch Colonien von Etruskern, Umberern und anderen wohlhabenden, in der Kunst und Industrie bewanderten Völkern. Ausser dem Bau vieler Städte, Ausführung von Flussbauten, unternahmen diese Völker in den Lagunen grosse Arbeiten. Sie legten auch viele Canäle an (die filistinischen Wassergräben, welche die Stadt Mantua mit der Stadt Adria verbanden, sollen aus dieser Zeit herstammen), dämmten, wo es nöthig war, Flüsse ein, ohne jedoch dabei die freie Bewegung des

Wassers wesentlich zu hindern, damit die überschüssigen Hochwässer sich in Sümpfe oder Teiche frei entladen konnten.

Im Jahre 630 vor Christi kamen die Horden der Gallier und Celten nach dem nördlichen Italien. Die Etrusker mussten diesen Völkern nach langen und verheerenden Kriegen unterliegen, wobei dann die Gallier das Land vom heutigen Turin bis Mantua und Ravenna in Besitz nahmen. Dieses Volk war wild, nur an Krieg und Jagd gewohnt, lebte anfänglich nur von Beute und Raub, plünderte und bekriegte die benachbarten Veneter, und die nach den Alpen oder in die Apenninen geflüchteten Völker. Die gallischen Provinzen, welche unter der Cultur der Etrusker noch blühten, geriethen gänzlich in Verfall. Kunst und Industrie verschwanden, der Ackerbau wurde vernachlässiget, die regulirten Flussläufe verwilderten, diesen folgten Landversumpfungen und auf dem vernachlässigten und brach liegenden Boden breiteten sich Gebüsche und Wälder aus, welche die Gallier wegen der Jagd sogar begünstigten!

Nach schweren Kriegen wurde dieses Land in der Mitte des 3. Jahrhundertes vor Christi durch die Römer definitiv erobert, welche ihr Augenmerk vor allem darauf richteten, den trostlosen Zustand dieser Provinzen durch Belebung des Ackerbaues und der Industrie zu heben, sowie, wo es möglich war, die Gewässer zu bezwingen und die Flussläufe zu reguliren.

Weil die Flüsse, namentlich der Po, sich in zahlreiche Arme spalteten, waren viele Landstriche der Ebene sehr reichlich bewässert, viele aber auch versumpft. Bei der wachsenden Einwohnerzahl wurde während der Römerzeit auch die Production von Naturerzeugnissen durch Entwässerung und Cultivirung versumpfter Bodencomplexe gehoben. Die rationelle Arbeit machte diese Provinzen den Römern sehr ertragsfähig; sie wurde zu ihrer Stütze, zu ihrem Juwel, zu ihrer Kornkammer und zur Operationsbasis für die nach Norden gerichteten Eroberungen.

Wie durch meteorologische Beobachtungen dargethan wird, ist bei dem Wasserreichthum und den milden Temperaturen die Fruchtbarkeit dieser Provinzen begreiflich, weshalb auch in der historischen Zeit die verschiedensten Völker um den Besitz des fruchtbaren Landes gestritten haben. Weder Kälte noch all zu grosse Wärmeextreme herrschen dort vor, die warme Sonne und das reichliche Wasser mildert diese Gegensätze. Sonnenschein und Regen sind fast gleichmässig vertheilt und der üppigen Vegetation zusagend. Welches Gefühl müsste das Rauschen und die in Ueberfluss vorhandenen klaren Gewässer der

Alpen in dem Wüstenbewohner hervorrufen, der in seiner dürren Heimat das Wasser so theuer bezahlen muss.

In den Districten zwischen der Stadt Adria und Mantua war der Po, wie er es heute am Mündungsgebiete noch ist, in viele Arme gespalten, und während der Römerepoche müssen die Sümpfe dort sehr ausgedehnt gewesen sein. Ueberall hatten die Römer in ihrem grossen Reiche zahlreiche Strassen und Brücken gebaut; nur von Mantua ostwärts finden sich, wegen der bestandenen grossen Terrainschwierigkeiten, solche Bauten nicht vor.

Als Emilio Scauro von den Apenninen kommend, in diesem Gebiete die Strasse fortsetzen wollte, fand er solche Sümpfe und so viele Flussarme vor, dass er, um diesen Hindernissen auszuweichen, die Via Emilia über Mantua, Castel-Baldo, Montagnana, Este, Padua, Gambarare, Mestre u. s. w. entwickeln musste; heute sind die versumpft gewesenen Landstriche zu fruchtbaren Ländereien geworden, und auch die gewesenen Sümpfe bei Mailand, Cremona, Verona, Vicenza, Padua, Treviso, Castelfranco, Sacile, Pordenone und in Friaul u. s. w. sind verschwunden.

Wie die alten Beschreibungen uns überliefern, sollten grosse Theile der Ländereien, welche zwischen Flussarmen unter dem Einflusse des schwankenden Wasserspiegels derselben gelegen oder von Sümpfen umgeben waren, in der römischen Epoche, schon gegen Ueberfluthungen durch Dämme geschützt gewesen sein; und solche Landstriche erhielten den Namen: Pulicini, Pulcini, Polesini. Bei Mantua, Modena und auch an anderen Orten findet man noch Spuren solcher Dämme. Städte, welche in Niederungen gelegen, den Ueberfluthungen ausgesetzt waren, wurden, wie man es auch jetzt noch antreffen kann, ebenfalls durch Mauern oder Dämme geschützt.

In der römischen Epoche schon waren zwischen den Lagunen und den Flüssen der Terraferma Oberitaliens zahlreiche Schifffahrtscanäle angelegt, die nicht nur zur Fischerei, sondern auch der Jagd, welche in Barken unternommen wurde, dienten.

Einige Ortschaften am Po, dann Verona u. m. a. waren wegen der Bienenzucht besonders berühmt. Vor Sonnenaufgang lud man die Bienenstöcke auf Barken, suchte blumige Wiesen auf und beim Einbruche der Dunkelheit wurde wieder heimwärts gerudert. Characteristisch ist es, dass in der römischen Epoche man es nicht liebte, die Flüsse ganz einzudämmen, oder dieselben durch Abbau der Verzweigungen in ein Bett zu vereinigen. Wo die Natur mehrere Flussarme vorschrieb, beliess man dieselben, man that der Tendenz der Flüsse, die obersten

Schichten des Schwemmlandes dieser Ebene umzustalten, keine Gewalt an; auch grössere Sümpfe wurden noch belassen, um sie als Entlader für die Hochwässer zu benützen. Den Wäldern, welche sich während der gallischen Epoche besonders ausbreiteten, schenkten die Römer viel Aufmerksamkeit; man cultivirte dieselben in gewissen Grenzen sehr sorgfältig, und weihte sie den Göttern.

Der Holzreichthum dieser Provinzen muss damals sehr gross gewesen sein; Eichen, Eschen, Ulmen, Linden, Tannen, Lärchen, Fichten, Cypressen waren reichlich vorhanden. Nach Rom sowie in die überseeischen Provinzen wurde grosser Holzhandel getrieben. Während der Regierung der Römer erbaute man in Ravenna aus diesem Holze eine Flotte von 300 Schiffen, welches Geschwader später in Altino und Aquileja stand. Bei dem grossen Holzüberflusse war Cypressenholz das Gesuchteste. Nach Strabo muss das Land an Naturproducten überhaupt sehr reich gewesen sein. Er beschreibt die Fülle von Eicheln für die damals cultivirte Schweinmast, und Wein war immer eine solche Menge da, dass meistens die Gebinde hiezu mangelten.

Man erwähnt während der römischen Epoche, was auffallend ist, von sehr wenig Ueberschwemmungen, und wenn in den norditalienischen Provinzen derlei Ereignisse eintraten, so wurden sie als Wunder und als unheilverkündende Zeichen nach Rom berichtet. Nach diesem zu urtheilen, müssen den damaligen Bewohnern nur besonders hervorragende Ueberschwemmungen aufgefallen sein, gegen die Verheerungen der gewöhnlichen, in jedem Jahre wiederkehrenden Hochwässer, hatte die Natur durch natürliche Entlader reichlich gesorgt.

Die Ufer der damaligen Wasserläufe waren mit Weiden, Erlen, Pappeln und sonstigem Gebüsch, dann durch Grasarten natürlich geschützt. Solche Anpflanzungen verhüteten die Verheerungen gewöhnlicher Hochwasser am flachen Gelände; das Wasser liess, in dem Spiele mit den Bepflanzungen, einen Theil seiner Kraft beraubt, die der verlorenen Stosskraft äquivalenten Sedimentpartikel liegen, erhöhte damit die niederen Flussufer, und es stellte sich eine gewisse Gleichgewichtsfigur des Flussprofiles und die Festigung der natürlichen Eindämmungen von selbst her. Ein in dieser Art instructives Beispiel bildete der Torrefluss (Zufluss des Isonzo), in Friaul. Das Flussbett ist durch solche natürliche Dämme, welche sich beiderseits stufenförmig erheben, begrenzt. Als die dortigen Bewohner im 12. Jahrhundert von den Mailändern den Gebrauch des Flusswassers zur Wiesenbewässerung erlernten, durchbrachen sie diese natürlichen Dämme, und legten Bewässerungscanäle an.

Nach dem Verfall des römischen Reiches bekamen die Gothen einen Theil dieses Landes in ihre Gewalt. Mit dem 5. Jahrhundert nach Christi beginnen die Landschaften der norditalienischen Ebene wieder zusehends zu verfallen, Kriege verwüsteten das Land und dazu kam noch die Pest und die Hungersnoth. Im Jahre 450 brachen die Hunen unter Attila, im Jahre 568 die Longobarden in Venetien ein. Um sich vor diesen Horden zu schützen, flüchtete sich um diese Zeit eine Colonie von Venetern in die Lagunen von Venedig, und aus der Colonie dieses armen Fischervolkes entstand die spätere Republik und die stolze Stadt gleichen Namens.

Wie die Gallier, so waren auch die Longobarden ein wildes Volk, welches für Ackerbau und Industrie keinen Sinn hatte. Durch die Einfälle der Germanen unterstützt, verfiel das Land neuerdings, die Flussläufe verwilderten, die Bodenversumpfungen wurden häufiger, und die Provinzen nahmen wieder die Physiognomie der gallischen Epoche an. Zu diesen zerrütteten Zuständen gesellten sich auch noch Ueberschwemmungen, wie z. B. jene des Jahres 585, wo der Regen unter Donner und Blitz 40 Tage und Nächte gedauert haben soll. Ganze Wälder wurden vernichtet, und die Geschichtsschreiber berichten, dass die Bäume von West nach Ost gebogen und geneigt waren. Die Gewässer hatten an manchen Stellen 8 bis 10$^{met.}$ starke Schlamm- und Geröllschichten abgelagert. Die Karten des 7., 8. und 9. Jahrhunderts verzeichnen um diese Zeit in dem fast entvölkerten Lande eine Menge Sümpfe.

Als endlich nach Besiegung der Longobarden, Oberitalien unter das Scepter des Kaisers Carl des Grossen kam, da begann die Cultur in demselben sich allmälig wieder zu heben. Die Mönchsklöster waren dem Lande zu festen unerschütterlichen strategischen Punkten geworden, um welche die friedliche Arbeit und die Cultur immer weitere Kreise ziehen konnte. Dabei wurden die Mönche von den weltlichen Herrschern unterstützt, und die Religion machte ihnen die Pächter, sowie die Arbeiter zu gefügigen, und einem blinden Gehorsam ergebenen Werkzeugen. Um sich das Seelenheil zu sichern, schenkten, obwohl das deutsche Reich dieselben schon früher durch zahlreiche Schenkungen bedachte, damals viele Private gerodetes und ungerodetes Land den Klöstern; und als im 9. Jahrhunderte der Aberglaube Wurzel fasste, dass im 10. Jahrhundert die Welt zu Grunde gehen werde, da wurden diese Schenkungen so zahlreich, dass ganze Provinzen in den Besitz der Klöster kamen. Die Mönche waren rastlos damit beschäftigt, dieses Land zu cultiviren und zu entsumpfen, zu bepflanzen; ihr Besitzstand gedieh und blühte überall. Diese Vorgänge bewirkten in den

lombardisch-venetianischen Provinzen eine grosse Besitzverschiebung, welche nach dem 10. Jahrhundert, als die Welt nicht zu Grunde ging, zwar mit Argwohn betrachtet wurde, allein sie war damals bei dem trostlosen Zustande des Landes ein schwerwiegender Culturfactor.

Das gute Beispiel, welches die Mönche durch Bebauung und Urbarmachung des Bodens, durch Regulirung von Flüssen gaben, fand allenthalben auch bei den Privaten Nachahmung! Die Gewässer wurden, wo es nöthig war, nach und nach bezähmt, Städte, Dörfer, Land — alles kam in Wohlstand und Blüthe.

Trotzdem sich die Macht der deutschen Kaiser im 10. Jahrhundert in Italien abgeschwächt hatte, ein Krieg dem andern folgte und die Provinzen Padua, Treviso, Ravenna mit Venedig fortwährend in Fehde lagen, setzten die Mönche doch die Cultivirung des Landes fort. Ihr Augenmerk wurde hauptsächlich der Bodencultur zugewendet; sie verwendeten viel Arbeit auf die Herstellung von Verkehrswegen, namentlich auf die Binnenschifffahrt, und der Wasser- und Wegebau erfreute sich in allen Provinzen der besten Pflege. Zwischen dem Po und der Brenta entstand ein grosses Schifffahrtscanalnetz. In der Lombardie wurden viel Sümpfe trocken gelegt, und da dort vorwiegend Herbst und wenig Sommerregen vorkommen, so bildete sich auch in der Lombardie ein grosses Canalnetz aus, welches für die Schifffahrt sowie zur Sommerbewässerung des Bodens dienlich war.

Um möglichst viel Land urbar zu erhalten, wurden die Flüsse eingedämmt. Diese Einschränkung des Abflussprofiles bewirkte eine Concentration der Gewässer. Oft war diese Massregel von den besten Folgen begleitet, an manchen Flussstrecken brachte sie wieder grosse Schäden. Durch die Ablagerung von Sedimentmassen wurde die Flusssohle gehoben, und dieser Erhebung musste die Aufholung der Dämme gleichen Schritt halten; der Wasserspiegel stieg in solchen Flussbetten, und das tiefer gelegene Land wurde versumpft. Es kamen auch vielfach Dammbrüche mit den verheerendsten Wirkungen vor; denn selten bleibt ein naturwidriges Bezwingen von Naturgesetzen unbestraft. Die Dammbrüche des Po im Jahre 1055 bei Sicardo, Ficarolo im Mantuanischen, wo in Folge dessen grosse Bodencomplexe überschwemmt wurden, geben dafür das beste Zeugniss. Im Jahre 1175 durchbrach die Brenta bei Stra ihre Dämme, und zerstörte diese Stadt.

Bei dem Dammbruche am Unterlaufe der Etsch im Jahre 1571 wurde ebenfalls viel Land verwüstet. Die Stadt Adria gerieth dabei in solches Elend, dass Cardinal Anglico, als er die Stadt besuchte, nur 12 Feuerstellen antraf. Solche Dammbrüche kamen in den Provinzen oft

vor. Im Jahre 1330 wurde im Paduanischen viel über Bodenversumpfungen geklagt; ein Gesetz der Stadt Padua vom Jahre 1236 ordnete an, dass die Flussdämme, der Hochwässer wegen, in der Provinz nicht weniger als 20 Fuss hoch und 12 Fuss breit gemacht werden dürfen.

Am Unterlaufe, wo das Flussgefälle gering wird und das Wasser sich mühsam durch das flache Gelände schlängelt, sind die meisten Flüsse Oberitaliens eingedämmt. Diese Dämme müssen noch gegenwärtig immerzu erhöht werden, weil, wie gesagt, die Höhe derselben der Erhebung der Flusssohle folgen muss!

Wenn man die historischen Aufzeichnungen erwägt, so wird man finden, dass die mit der Entwicklung des Dammbaues an Flüssen schon in der Entstehung systemlos vorgegangen wurde. Bei der wechselreichen Völkerbewegung und den vielen verheerenden Kriegen war es nicht leicht denkbar, dass in diesen Niederungen eine rationelle Anlage solcher Dammbauten systemmässig durchgeführt worden wäre; dabei kommen noch die Privatinteressen der vielen an solche Flussläufe grenzenden Bodenbesitzer zu erwägen, wobei die abenteuerlichen Wünsche zu erfüllen oft kaum möglich wäre. Der einen Thatsache, dass von den höher gelegenen Flüssen aus das tiefer liegende angrenzende Land durch ein anschliessendes Canalnetz gut bewässert werden könne, ist, wenn die Stabilität solcher Dämme bei der fortwährenden Erhöhung derselben aufrecht erhalten wird, entgegenzusetzen, dass es dabei auch nöthig sei, das tiefer liegende Gelände durch künstliche Colmation mitzuheben, wodurch dann Dammbrüche unwahrscheinlicher gemacht werden würden.

Die Uebelstände der Erhebung der Flusssohle und die damit verbundene Aufholung der Flussdämme, treten besonders dort grell hervor, wo eingedämmte Nebenflüsse in eingedämmte Hauptflussstrecken einmünden müssen, wie es z. B. an der Einmündungsstelle des Mincio in den Po bei Mantua der Fall ist. Geht der Po hoch, so muss das Wasser des Mincio von der Einmündung an flussaufwärts sich stauen. Beide Flüsse lagern an der Sohle viel Sediment ab, daher auch die nothwendige Folge der Dammaufholung an der Einmündungsstelle, wo die Dämme jetzt schon eine ganz respectable Höhe erreicht haben. Durch die Hebung des ganzen Flussprofils muss das tiefer liegende Land, bei dem im Flusse constant höher stehenden Wasserspiegel versumpfen, und es ist anzunehmen, dass der Gürtel von Sümpfen und Morästen um Mantua, welche dort seinerzeit vielleicht nicht bestanden haben mögen, nur mit Zuhilfenahme solcher Argumente zu erklären wären, da es unter normalen Verhältnissen kaum Jemanden einfallen dürfte, in einem ausgesprochenen Sumpfe eine Stadt hinzubauen.

Derlei Eindämmungen werden später, bei der Betrachtung der Lagune und bei der dort erfolgten Ablenkung der Flüsse noch öfters in Betracht gezogen werden. Die Dammflussbauten dieser Provinzen, die Vor- und Nachtheile derselben, bleiben der seinerzeitigen Besprechung des technischen Theiles der dortigen Wasserbauten vorbehalten. Das Uebel der Eindämmungen ist einmal da und im Wachsen begriffen, es wird und kann bei den gegebenen Verhältnissen dagegen nichts gethan werden. Wenn man die verschiedenen Tendenzen, Meinungen, privatrechtlichen Verhältnisse, welche derartige Wasserbaufragen beherrschen, berücksichtiget, so ist aus leicht begreiflichen Gründen eine richtige Lösung so schwieriger Probleme kaum zu erreichen möglich. Bei plötzlich eintretenden Katastrophen pflegt man dann die Gegenwart gewöhnlich auf Kosten der Vergangenheit zu entschuldigen.

Diese vorausgeschickte Skizze ergibt gedrängt folgendes geognostisches Bild der norditalienischen Ebene:

a) Am Fusse der diese Ebene begrenzenden Gebirgsabdachungen finden sich Bildungen aus der postglacialen Zeit. Sie bestehen aus Spuren der Eiszeit, zu welchen die mit Schuttboden umkleideten Moranenreste an den grösseren Seen dieses Gebietes, dann die Knochenhöhlen von Verona u. s. w. besonders zu erwähnen sind.

b) Der grösste Theil der norditalienischen Ebene besteht aus Alluvialbildungen, das sind recente Süss- und Salzwasserbildungen; welche aus Geröllschichten, Sand, dann thonigen, lehmigen Ablagerungen und anderen Materialien zusammengesetzt sind.

Die obersten Alluvialschichten sind durch jene Bodenschichte repräsentirt, welche die Fruchtbarkeit und den Wohlstand der Ebene begründen, es sind dies: fette Humus-, Schlamm- und Lehmschichten u. s. w., entstanden entweder:

1. durch natürliche Colmation, d. i. durch Landausfüllungen in Sümpfen und Terrainniederungen, durch trübes Flusswasser im Wege der selbstthätigen Aufschlickung; — oder:

2. durch künstliche Colmation; das sind solche Bodenschichten, die ebenfalls durch Ablagerung der Sedimente trüber Bergwässer, jedoch mit Zuthun der Menschenhand, wie z. B. in versumpften Niederungen u. a. O., hervorgebracht wurden.

B. Die hyetographischen Verhältnisse des norditalienischen hydrographischen Beckens, mit besonderer Berücksichtigung der Stadt Venedig.

Die Flüsse, welche die norditalienische Ebene durchfliessen, bewässern und befruchten, liegen insgesammt in einem grossen für sich

abgeschlossenen hydrographischen Becken mit einem Flächeninhalte von 1170·6 □Myriametern. Davon entfallen 776 □Myriameter auf das Stromgebiet des Po, und der Rest mit 394·6 □Myriameter auf die Zuflussgebiete der Küstenflüsse von der Etsch bis zum Isonzo, und auf den Reno.

Die Hauptwasserscheide, welche dieses hydrographische Becken einschliesst, geht von Triest aus nordöstlich gegen den Gaberberg. Die Scheide des Doppelthales bei Prewald schneidend, wendet sich dieselbe nach Norden den Bergspitzen St. Magdalena, Lemisch, Bichautz, Terglau folgend. Am Manchard an der Grenze Kärntens, wendet sie sich westlich über das Prediljoch bis zum Monte Canin und setzt sich dann nördlich über den Luschariberg bis zur Saifnitzer Wasserscheide, dem Ursprung des Fellaflusses, in Kärnten fort. Nördlich von Saifnitz geht diese Wasserscheide wieder nach Westen, über die Egger- und Pontafler-Alpe, den Rabthalspitz bis Monte Bello in Tirol, wendet sich an der Stelle abermals nach Norden, der Richtung über Toblach, Hochkreutzberg, Flachkofelberg bis zum Dreiherrnspitz folgend. Von da ab geht die Wasserscheide wieder gegen Westen, und zwar über das Pfitscher-Brennerjoch, dem Hochgrindl, Schweinferjoch, Ofenberg bis zu den Bergkämmen der Berninagruppe, dann über Monte Maloja, Pass Splügen, den Bernhardin- und Gotthardpass weiter, und setzt sich südwestlich über den Grimsel, die Simplomspitze gegen den Monte Moro und den Monte Rosa in den penninischen Alpen fort.

Vom Monte Rosa aus zieht die Hauptwasserscheide in südwestlicher Richtung gegen den grossen St. Bernhard, den Mont Blanc; in der Nähe des kleinen St. Bernhard wendet sie sich dann nach Süden, folgt den Gipfeln der grauen Alpen bis in die Nähe des Monte Cenis, und setzt sich längs den Bergkämmen des Monte Genevre und Monte Viso in den kottischen Alpen fort; folgt weiters den Gipfeln der See-Alpen, wendet sich darauf nach Westen, geht längs des Kammes der ligurischen Apenninen bis zum Monte Cimone wieder fort, und fällt, den höchsten Punkten der etruskischen Apenninen folgend, gegen Rimini am adriatischen Meere ab, welches letztere die Küsten der norditalienischen Ebene zwischen Rimini und Triest bespült.

Der östliche Theil der norditalienischen Tiefebene bildet das Uebergangsglied vom adriatischen Meere zu dem mächtigen Gebirgswall des aus den continentalen Landmassen emporsteigenden Alpengürtels, welcher mit den Seealpen in Piemont beginnt und das vorliegende Becken mit den julischen Alpen abschliesst. Im Südwesten ist dem hydrographischen Becken bekanntlich das Mittelmeer vorgelegen.

Die Luftströme, welche in der Tropenzone dort ihres Wassergehaltes beraubt, aufsteigen und wieder den Polen zufliessen, vertiefen sich bekanntlich mit den kleiner werdenden Parallelkreisen in den höheren Breiten des Erdsphäroids. Sie gewinnen in den allmälig immer kleiner werdenden Raumquerschnitten an Tiefe und Geschwindigkeit, streichen auf ihrem Wege über das mittelländische und adriatische Meer, nehmen dort Wasserdampf auf und kommen neuerdings mit Wasser beladen in dem eben betrachteten continentalen Becken an. Diese dampfreichen Luftmassen finden in den mächtigen Gebirgen plötzliche Hindernisse und bedeutend niedere Temperaturen vor. Indem sie genöthigt werden, beständig zu den Alpenkämmen emporzusteigen oder sich mit kälterer Luft zu mischen, wird denselben auf diesem Wege, durch die Reliefverhältnisse der alpinen Gebirgswelt unterstützt, ein Theil des Wassers entzogen, welches dann die zahlreichen Wasseradern Norditaliens speist und die dortige Vegetation erhält und belebt.

Ueber die Windrichtungen, welche dieses Becken so reichlich mit Wasser versorgen, geben die meteorologischen Beobachtungen den besten Aufschluss. Herr Oberstlieutenant v. Sonnklar hat für einige, der hervorragenderen meteorologischen Beobachtungsstationen der norditalienischen Tiefebene, die resultirende Windrichtung nach der Lambert'schen Formel gerechnet; in der folgenden Uebersicht sind nur jene Werthe verzeichnet, welche den Monaten mit der grössten Regenmenge entsprechen.

Es ist für:

		April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	October	Novemb.
Triest	Mittl. Niederschlagshöhen in Millimeter	—	101	—	—	—	120	165	116
	Resultirende Windrichtung	—	N 95° 26′	—	—	—	N 93° 22′	N 109° 59′	N 91° 7′
Udine	Mittl. Niederschlagshöhen in Millimeter	—	147	167	166	—	106	180	148
	Resultirende Windrichtung	—	N 163° 18′	N 156° 48′	N 138° 49′	—	N 102° 6′	N 78° 1′	N 55° 15′
Mailand	Mittl. Niederschlagshöhen in Millimeter	83	99	—	—	87	88	115	109
	Resultirende Windrichtung	N 80°	N 90°	—	—	N 84° 16′	N 80° 32′	N 63° 26′	N 326° 19,

Für Triest liegen die Windrichtungen in den feuchtesten Monaten zwischen Ost und Süd, für Udine im Mai, Juni, Juli, September zwischen Ost und Süd, im October, November zwischen Nord und Ost;

für Mailand im April, Mai, August, September, October zwischen Nord und Ost, im November, December zwischen West und Nord.

Da Udine und Triest in dem östlichen Theile des betrachteten hydrographischen Beckens liegen, und die Winde, sowohl die, welche über das adriatische Meer streichen, als wie jene, welche aus Norden kommen, directe empfangen, so ist es leicht zu begreifen, weshalb in den trientinier, in den kärntnerischen und julischen Alpen so grosse Niederschläge stattfinden. Hingegen bringen in dem, von der Ortlergruppe westwärts gelegenen Theile des Beckens meistens die nördlichen und westlichen Winde den Regen. Da aber die piemontesische Ebene die Westwinde nicht directe vom Meere, sondern aus zweiter Hand erhält, so geben diese Luftströmungen, nachdem sie eher die Apenninen passiren müssen, einen Theil ihres Wassergehaltes an dieselben eher ab, und vermögen in den westlichen Theil der norditalienischen Ebene angekommen, nicht so grosse Wassermengen zu entladen, wie die Winde im östlichen Theile des hydrographischen Beckens es directe thun.

Die Abkühlung der wasserdampfreichen Südwinde an dem alpinen Gebirgswall ist selbstverständlich nicht immer die alleinige Ursache der Regenbildung in den Alpen, die Entstehungsursachen, wie die Anzahl der Regentage, werden auch dort reichlich zu suchen sein, wo ein häufiger Wechsel zwischen kalten und wasserdampfreichen Luftströmungen stattfindet.

Die mittlere Anzahl der Niederschlagstage einiger Provinzen dieses Gebietes beträgt z. B. in Tirol 134·5, Istrien und Krain 130·1, die lombardische Tiefebene 125·6, Kärnten 124·8.

Daraus ist zu ersehen, dass in diesem hydrographischen Becken im Mittel $^{1}/_{3}$ der Zeit eines Jahres den atmosphärischen Niederschlägen angehört. Für 3 grössere meteorologische Beobachtungsstationen ergeben die Beobachtungen im Mittel folgende Anzahl der Niederschlagstage:

	Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter	Jahr	
Udine	43·3	48·3	38·1	33·2	163·8	Tage
Padua	33·2	31·1	31·0	30·7	126·0	„
Mailand	26·6	21·4	25·9	23·5	98·0	„

Die Südabdachungen der Alpenkette gehören, inclusive der bis zur Meeresküste reichenden Niederung, beinahe ganz der hyetographischen Herbstprovinz an; mit wenig Regen im Sommer und Winter und viel Niederschlägen im Frühjahr und Herbst. Es treten zwei Regenmaxima und zwei Regenminima auf, von dem Ersteren fällt das Eine auf das Frühjahr, das Andere auf den Herbst; von den Letzteren das Eine auf den Winter, das Andere auf den Sommer. Die Erscheinung, dass

im Sommer verhältnissmässig so wenig Niederschläge vorkommen, erklärt den Umstand der frühen Einführung der Bewässerungscanäle in der Lombardie und Venetien, auf deren rationelle Entwicklung der Italiener, in Vergleich zu andern Ländern, factisch stolz sein kann.

Der mittlere Theil der Alpenkette bildet die Uebergangszone zur continentalen Regenregion, nämlich zur Region mit gleichmässiger Regenvertheilung.

In der Tabelle I. sind die Beobachtungen von 92 über das ganze Gebiet dieses hydrographischen Beckens fast gleichmässig vertheilten, nach Provinzen geordneten meteorologischen Stationen gegeben. Die diesfälligen Beobachtungen ergeben in diesem hydrographischen Gesammtbecken eine mittlere Regenhöhe von 1192^{mm}, davon entfallen auf den Winter 220^{mm}, Frühjahr 284^{mm}, Sommer 300^{mm}, Herbst 387^{mm}.

Die Herbstregen tragen daher zur Speisung der Gewässer dieses Gebietes am meisten bei.

Die kleinste Regenhöhe des hydrographischen Beckens weist die Station Brussio mit jährlich 594^{mm}, die grösste hingegen St. Maria mit 2485^{mm} auf. Die mittlere in einem Niveau von 400^{met} beobachtete Regenhöhe beträgt am Südabfall der Alpen jährlich 1799·52^{mm}, auf der Nordseite hingegen bei einem Niveau von 745^{met}, jährlich 1512^{mm}. Werden einige Alpenpässe, welche in der Nähe der Hauptwasserscheide des Beckens liegen berücksichtiget, wie z. B. St. Bernhardin, Simplon, Grimsl, Stilfserjoch u. s. w., so ergibt sich für eine Seehöhe von 2180^{met} die mittl. jährl. Niederschlagshöhe mit 1885^{mm}.

Aus diesen Angaben resultirt, dass von der Meeresküste an bis zu den höchsten Kämmen der Südabdachung, die Niederschläge, welche die zahlreichen Alpenflüsse speisen, zunehmen.

Einige Orte, welche in dem östlichen Theile der venetianischen Ebene am Fusse der Alpen gelegen sind, weisen auf Grund der bereits gegebenen Erklärungen fast tropische Regenmengen auf. Zu Cercivento wurde im Jahre 1807 eine Regenhöhe von 2680^{mm} gemessen, im November allein fielen davon 938^{mm}. Zu Feltre beobachtete man im Jahre 1798 eine Regenhöhe von 2931^{mm} Zu Tolmezzo fiel im Jahre 1803 eine Regenmenge von 3892^{mm}, im Jahre 1807 sogar 4168^{mm}, von der Letzteren entfielen 1247^{mm} auf den Monat November allein. Angesichts solcher Zahlen wird man den verheerenden Character der norditalienischen Flüsse gewiss begreifen können.

In der lombardischen Tiefebene ist ein Tag im September, in Kärnten, Krain, Istrien, Südtirol ein Tag im October, an welchem der meiste Regen fällt.

Ordnet man die mittleren jährlichen Regenhöhen der vorhandenen meteorologischen Beobachtungsstationen des hydrographischen Beckens nach Provinzen, eben in der Ordnung, wie sie von den Alpen gegen die Meeresküste zu gelegen sind, so ergibt sich:

Nördliche Schweiz	Nordtirol	Kärnten	Steiermark
1117mm.	1108mm.	1068mm.	938mm.
Südliche Schweiz	Südtirol	Friaul	Küstenland u. Krain
1560mm.	938mm.	1865mm.	1430mm.
Piemont	lomb. Tiefebene	venetian. Tiefebene	
1068mm.	1055mm.	1109mm.	

Es erreichen demnach die Regenmengen Piemonts, der südlichen Schweiz, der Lombardie nicht jene Höhe, wie jene der Ostalpenprovinzen, weil, wie bereits früher bemerkt, den Centralalpen die vom Mittelmeer kommenden Luftströmungen erst dann zukommen, wenn sie die ligurischen Apenninen, wo sie einen Theil des Wassergehaltes verlieren, passirt haben, bevor sie z. B. die Ortlergruppe treffen. Hingegen kommen diesem Gebiete die Nordwestwinde directe zu. Dagegen sind die Niederschläge in Venetien, Friaul, Krain, Küstenland bedeutend grösser, sie entstehen in dem östlichen Theile des Alpengürtels, in den trientiner, karnischen und julischen Alpen, durch die wasserdampfreichen, vom adriatischen Meere ihnen zufliessenden Winde.

Die gegebene Uebersicht zeigt uns weiters, dass, wie schon berührt, die Niederschlagsmenge dieses Gebietes von der Meeresküste gegen die Alpenkämme hin wächst, und jenseits der Hauptwasserscheide des hydrographischen Beckens nimmt dieselbe, gegen das Innere des Continentes zu, wieder ab.

Es ist auffallend, dass gerade Südtirol vermöge der continentalen Position in dem Alpengürtel so geringe Niederschlagsmengen besitzt. Die Erklärung dieser Erscheinung liegt wahrscheinlich darin, dass das Etschgebiet, welches vor dem Eintritt in die italienische Ebene sich sehr verengt, im Westen durch den Gebirgswall der Ortlergruppe, im Osten hingegen, durch jenen der trientiner Alpen und den dazu gehörigen Ausläufern, in seiner von Nord nach Süd gerichteten Lage von den Aequatorialwinden geschützt ist. Bringen die vom Mittelmeere herkommenden Luftströmungen den Ortleralpen Regen, so wird ihnen an den Westabdachungen dieses Gebirges ein bedeutendes Wasserquantum durch Abkühlung entzogen, kommen die Winde hingegen directe vom adriatischen Meere herauf, so werden die Trientineralpen einen Theil des Wasserdampfes der Luft condensiren. Wenn daher eine der thätigen Luftströmungen auf dem Wege früher einen Theil des Wassergehaltes

abgeben muss, bevor sie in das Etschgebiet niedersteigen können, so ist bei der dort herrschenden Temperatur kein Bedürfniss mehr vorhanden, dass die im Etschgebiete anlangenden Luftströmungen weitere Wasserquantitäten ausscheiden sollten.

Der gewitterreichste Theil der norditalienischen Tiefebene ist Friaul und das östliche Venetien, dann folgen das Küstenland, Krain, Tirol und endlich Kärnten. Die häufigsten Gewitter kommen bekanntlich immer in solchen Localitäten vor, wo Thalebenen von hohen Gebirgen eingeschlossen sind, oder wenn dieselben, wie im vorliegenden Falle, am Fusse hoher und steiler Gebirge liegen. Man beobachtete im Mittel, z. B. in Udine 48·8, Padua 41·9, Mailand 24·8 Gewitter im Jahre.

Die Monate der grössten und kleinsten Gewitteranzahlen, sowie die Zeiten der grössten und kleinsten Regenmengen sind um weitere Betrachtungen zu unterstützen, in folgender Tabelle zusammengestellt.

Provinzen		Monate mit der grössten Zahl der Gewitter		Monate mit der kleinsten Zahl der Gewitter		Monate mit der grössten Regenmenge	Monate mit der kleinsten Regenmenge	
Kärnten		**Juli**	5·63	**Decemb.**	0·0	Juli	Jänner	Die Maxima und Minima sind mit fetten Lettern gedruckt
		August	4·52	**Februar**	0·0	**October**	**Februar**	
Nord-	Tirol	Juli	5·00	**Decemb.**	0·0	**Juli**	Decemb.	
		August	5·27	**Jänner**	0·0	August	**Februar**	
Süd-	Tirol	**Juli**	5·20	**Jänner**	0·0	Mai	**Jänner**	
		August	4·90	**Februar**	0·0	**Septemb.**	Februar	
Lombardisch-venetianische Tiefebene	Udine	Juni	10·3	**Jänner**	0·0	Septemb.	**Februar**	
		Juli	10·4	Februar	0·2	**October**	März	
	Padua	Juni	8·50	Decemb.	0·2	Juli	Jänner	
		Juli	9·50	Jänner	0·1	**October**	**Februar**	
	Mailand	**Juni**	5·50	**Decemb.**	0·0	**October**	**Februar**	
		Juli	5·00	**Jänner**	0·0	Novemb.	März	
				Februar	0·0			
Istrien und Krain		Juni	5·1	Decemb.	0·03	Mai	Decemb.	
		Juli	6·83	Jänner	0·23	**October**	**März**	

In Venedig werden die meteorologischen Beobachtungen im Observatorium „Seminario patriarcale," welches 20·21^{m.} über der Ebene des mittleren Wasserstandes der Lagune liegt, vorgenommen.

a) Winde.

Den Luftströmungen liegen die Beobachtungen einer 30jährigen Periode (von 1836—1865) zu Grunde. Die Mittel der Beobachtungen, welche sich auf die Winde beziehen, können aus der Tabelle II. entnommen werden.

Werden die polaren und äquatorialen Winde getrennt angesehen, so ergibt sich, dass von den polaren Winden der: NE*), NNE, N, E die Oberhand haben, und dann folgen erst: ENE, NNW, NW, WNW. Von den äquatorialen Winden haben hingegen SE, SSE, S und ESE die Oberhand, dann folgen SW, SSW, W, WSW.

Im allgemeinen überwiegen, wie die Fig. 2, Taf. III, anzeigt, die polaren Winde jene der äquatorialen im Verhältniss 1 : 1·43. Von den polaren Winden ist NE (die Bora) gegenüber dem äquatorialen Wind SE (Scirocco) vorwiegend.

Die Beobachtungen über die resultirende Windrichtung nach den Monaten erwogen, ergeben:

Monate	Windrichtung aus	S			Monate	Windrichtung aus	S		
		°	′	″			°	′	″
Jänner . . .	N	12	31	16	Juli	SE	116	30	40
Februar . .	NE	35	49	22	August . . .	SE	100	26	7
März	NE	82	22	35	September . .	NE	86	0	45
April . . .	SE	113	9	1	October . .	NE	40	37	7
Mai	SE	126	18	49	November . .	NE	21	19	29
Juni	SSE	122	56	24	December . .	NE	15	19	4
das Jahr . . . . . . 66° 2′ 88″									

Diese Zusammenstellung sagt, dass die nördlichen Winde von September bis einschliessig März, die Südwinde hingegen von April bis inclusive August vorherrschen. Hinsichtlich der resultirenden Windrichtung ist zu bemerken, dass sich dieselbe im Jänner 12° 31′ 16″ östlich des Meridians von Venedig befindet, sie verschiebt sich von Monat zu Monat immer mehr nach Osten, erreicht im Monat März die Ostrichtung, rückt dann immer mehr nach Süden, bis sie im Mai den Werth von

*) Die europäischen meteorologischen Gesellschaften haben bekanntlich die Vereinbarung getroffen, „Ost“ mit E, „West“ mit W, „Nord“ mit N und „Süd“ mit S zu bezeichnen.

126° 18' 49'' erreicht. Nun bewegt sich die resultirende Windrichtung denselben Weg nach Norden zu, wieder zurück, und befindet sich im December unter dem Winkel von 15° 19' 4'' an der Ausgangsstelle östlich des Meridians von Venedig. Das Uebergewicht der Nordwinde, namentlich der Bora (NE), ist hauptsächlich durch die Differenz zwischen den Temperaturen der, über den schneeigen und nebligen Alpengürtel im Norden, und der über den an die Tropen grenzenden Mittelmeerbecken befindlichen Luft begründet.

Bezüglich der Windstärke ist zu erwähnen, dass in Venedig eine vollständige Windstille selten eintritt, höchstens an manchem Sommertage; für gewöhnlich ist des Tages über immer ein fühlbarer Luftzug vorhanden. Im April, dann November und März herrschen die stärksten Winde, der Monat August ist der ruhigste. Orkane treten selten auf. Nach den Windintensitäten geordnet, kommt zuerst das Frühjahr, dann der Winter, der Herbst und der Sommer.

Die Winde, welche die Ruhe des Golfes von Venedig besonders stören, sind:

1. Der Nordost (Bora), der stürmischeste von allen; er bringt im Herbst und Winter heftige Gewitterstürme, und ist unter den Namen Grecale oder Bore bekannt, dauert 3 bis 5 oder 7 bis 9, auch 11 Tage.

2. Die Ostwinde wehen von April bis September auch mit ziemlicher Kraft. Sie erzeugen im Frühling bei heiterem, im Herbst bei regnerischem Wetter zur Zeit der Aequinoctien die sogenannten Levantestürme (bufere di Levante).

3. Einer der stärksten Aequatorialwinde ist der SE (Scirocco). Dieser bringt die sogenannten Sciroccalstürme mit sich, ist sandtragend, heftig, manchmal von anhaltendem lauen Regen begleitet. Die Winde, welche in Venedig das Barometer am meisten beeinflussen, sind NE und der NNE, ferner SW. und SE. Erstere erzeugen ein Steigen. Letztere ein Fallen desselben.

b) Temperatur.

Das Temperatursmittel aus der 30jährigen Beobachtungsperiode beträgt 13·28° Cels. Die Monatsmittel der Temperaturen, sowie die Extreme derselben, mit Rücksicht auf die monatlichen und täglichen Schwankungen sind in der beiliegenden Tabelle III enthalten. Daraus ist zu entnehmen, dass die Temperaturen vom Jänner bis Juli steigen, und von dort an bis December fallen. Die Temperatursdifferenzen haben mit Ausnahme jener zwischen April und Mai und dann jener zwischen

October und November keine scharfen Uebergänge aufzuweisen, welche das Klima von Venedig unconstant machen würden. Obwohl die Temperatur im Jahre 1854 auf — 10·5°, und im Jahre 1864 auf — 10° heruntersank, während sie im Juli bis auf 37° steigen kann, hat sich in der Lagune doch selten, wie z. B. ausnahmsweise im Jahre 1788 und 1864 eine grössere Eisbildung gezeigt, welche aber nur kurze Zeit andauerte; gewöhnlich ist die Lagune im Winter eisfrei. Das Thermometer fällt im Winter höchstens 2°, 3° bis 5° unter Null. Strengere Frosttage sind im Jahre im Mittel 7·5 zu verzeichnen. Der Schnee fällt jährlich 2 bis 3 Tage und verschwindet bald wieder. Hohe Hitzegrade treten im Mittel während 15 Tagen auf, welche sich auf die zweite Hälfte des Juli, oder die erste Hälfte des August vertheilen.

c) Niederschlag.

Die 30jährige Beobachtungsperiode ergibt eine jährliche mittlere Regenmenge von 774·16$^{mm.}$ innerhalb der vorgekommenen Grenzen: Maximum 1255·915$^{mm.}$ (notirt im Jahre 1845) und Minimum mit 472·744$^{mm.}$ (notirt im Jahre 1857).

Aus der Niederschlagstabelle IV geht hervor, dass die Regenmenge von Jänner bis Mai steigt, sie nimmt bis August ab, steigt im October wieder, und nimmt schliesslich gegen den Jänner zu wieder ab. In der 30jähr. Beobachtungsperiode hat Venedig ein jährliches Mittel von 90 Regentagen, schwankend in den Grenzen: Maximum 126 und Minimum 60 Regentagen. Jeder Niederschlagstag brachte im Mittel 8·64$^{mm.}$ Regen. Der Mai hat die grösste, der Jänner die geringste Anzahl der Niederschlagstage. Der Regen ist im Herbst reichlich, spärlich im Winter und am spärlichsten im Sommer.

Schnee. In Venedig sind im Mittel 6·52 Schneetage im Jahre zu verzeichnen; davon entfallen 2·23 Schneetage auf den Jänner, dann folgt Februar, December, März, April, endlich November.

Nebel. Die Anzahl der Nebeltage beträgt $^1/_{11}$ des ganzen Jahres. Das jährliche Mittel der 30jährigen Beobachtungsperiode ist 31·2 Tage, innerhalb der Grenzen in Maximum 88 (notirt im Jahre 1859), Minimum mit 8 Tagen (notirt im Jahre 1861). Mehr als die Hälfte der Nebeltage fällt auf den Winter, wenig auf das Frühjahr, sehr wenig auf den Sommer, und der Herbst liegt zwischen den Beiden letzten. Das Verhältniss der dichten zu den dünnen Nebeln beträgt 1 : 3·5.

Diese Andeutungen werden dem vorliegenden Zwecke genügen.

C. Die Flüsse Norditaliens, mit besonderer Berücksichtigung des Po, und der grösseren lagunaren Küstenflüsse Venedigs.

Mit Rücksicht auf die gegebeben hyetographischen Verhältnisse lässt das vorliegende hydrographische Becken von 1170·6 □Myriam. Flächeninhalt, sich in zwei, sowohl natürlich wie meteorologisch verschiedene Theile trennen. Dem ersten Theile gehört das 48 der in Tabelle I ausgewiesenen meteorologischen Beobachtungsstationen umfassende Stromgebiet des Po an, und nimmt $^2/_3$ des ganzen Beckens ein. Der Complex des 2. Theiles desselben hydrographischen Beckens liegt östlich von der Po-Mündung, umfasst die Abflussgebiete der gesammten Küstenflüsse mit 44 meteorologischen Beobachtungsstationen, und $^1/_3$ der Fläche des Gesammtbeckens, beginnt mit dem Etsch- und schliesst mit dem Isonzogebiet ab.

Die mittleren jährlichen Niederschlagshöhen betragen nach den Abflussgebieten: für das Stromgebiet des Po 1·1768$^{met.}$, für jenes der Etsch 1·045$^{met.}$, der Bacchiglione 1·312$^{met.}$ (ist die Regenhöhe von Schio), für die Brenta 1·7$^{met.}$, für die Flüsse Marzenego, Dese, Zero Vallio, Meolo, den Sile mit 1·091$^{met.}$, für die Piave 1·34$^{met.}$, für die Livenza 1·318$^{met.}$, für den Tagliamento 1·752$^{met.}$, für die Flüsschen Stella, Muzzanella, Zellina, Corno, Ausa u. a. m. 1·579$^{met.}$ *) endlich für den Isonzo 1·430$^{met.}$

Bei keinem dieser Flüsse, welche sich in das adriatische Meer entladen, ist die Flussentwicklungslänge und das Abflussgebiet in Verhältniss zu den grossen, von diesen Flüssen an das Meer abgegebenen Wasserquanten bedeutend; es erreichen alle, sobald sie ihre Geburtsstätte in den Alpen oder Apenninen verlassen haben, nach einem kurzen Laufe durch die Ebene, das Meer.

Der Po besitzt ein Stromgebiet von 776 □Myriametern, eine Entwicklungslänge von 600 Kilometern und ist in einem Längsthale eingebettet, welches von West nach Osten streicht. Der Flussursprung des Po liegt bekanntlich am Monte Viso in den kottischen Alpen, und derselbe tritt nach einem 30 Kilometer langem Oberlaufe bei Saluzzo in die oberitalienische Ebene heraus. Bei Pavia beginnt der untere entwickelte Lauf und derselbe mündet sodann nach einer kurzen Strecke mit einem vielarmigen Delta in das Meer.

---

*) Die Quellen dieser Flüsse liegen zum grössten Theile in den Ausläufern der Alpen, oder in der Ebene selbst. Die Station Udine liegt fast im Centrum dieses Gesammtgebietes, daher diesen Flüssen mit einer gewissen Berechtigung die Regenhöhe von Udine zu Grunde gelegt werden kann.

Im Mündungsgebiete steht der Po durch die Fossa Polesella mit der Etsch, diese wieder durch Canäle mit dem Bacchiglione und der Brenta in Verbindung. Hinsichtlich der Binnenschifffahrt beherrscht dieses Wassernetz einen Küstenstrich von 66 Kilometern.

Der Po allein erhält von den Alpen 10, und von den Apenninen 12 grössere und kleinere Nebenflüsse. Ausserdem sind im Po-Gebiete 464 kleinere Wasserläufe vorhanden, welche sich entweder directe in den Po, oder in seine Zuflüsse entladen.

Das Hauptgefälle des Po beträgt 1 : 2400. Von der Gebirgsstrecke abgesehen, beträgt das Gefälle in der Ebene . . . . . . 1 : 2700

vom Ursprunge in den Seealpen an	1 : 800
zwischen Poncalieri und Turin	1 : 2100
zwischen Turin und der Mündung des Tanaro	1 : 2000
zwischen der Mündung des Tanaro und jener des Ticino .	1 : 1800
„ „ „ „ Ticino „ „ der Adda . .	1 : 2800
„ „ „ „ Adda „ „ „ Secchia .	1 : 6500
„ „ „ „ Secchia aus dem Orte Pontelagoscuro	1 : 7500
zwischen Pontelagoscuro und dem Meere	1 : 16000

Zwischen den Flussmündungen des Tanaro und jener des Ticino ist am Po eine Art Stromschnelle zu erkennen, das Gefälle dieser Flussstrecke ist bedeutend grösser, als jenes der angrenzenden Strecken.

Der Grund dieser Erscheinung liegt darin, dass der Po nach dem Verlassen der Alpenstrecke in der Ebene nicht den kürzesten Weg, sondern einer entwickelteren Trace am Fusse der Gebirgsausläufer zwischen Turin und Alessandria folgt. Unterhalb Turin münden plötzlich die Gewässer zweier beträchtlicher Zuflüsse, jene des Tanaro und der Dora Baltea ein. Dieser Wasserzuwachs scheint geeignet, die Geschwindigkeit des Flusses bis zur Tessinmündung zu beschleunigen. Aehnliche Unregelmässigkeiten des Laufes kommen auch zwischen der Oglio- und der Addamündung, sowie auf andern Flussstrecken des Po vor.

Das Gefälle des Po mit einigen anderen grösseren Flüssen, wie jenem der Donau zwischen Passau und der Mündung mit 1 : 8000 zwischen Orsowa und Rassowa mit 1 : 30000, dann des Rheingefälles mit 1 : 1800 verglichen, ergibt, dass das Gefälle der Donau im ganzen kleiner, und jenes des Rheins hingegen grösser ist, als das Gefälle des Po.

Die bedeutendsten Po-Zuflüsse sind:

links	Kilom. lang	rechts	Kilom. lang
Dora Riparia	110	der Tanaro	170
Dora Baltea	150	Trebbia	90
Sesia	130	Tara	100
Ticino	220	Enza	90
Adda	280	Secchia	140
Oglio	250	Panaro	140
Mincio	200	Reno	100

Das Gefälle einiger dieser Nebenflüsse beträgt:

des Ticino	1 : 590	des Oglio	1 : 720
der Adda	1 : 650	des Mincio	1 : 1070

Es fällt sofort auf, dass das Gefälle der Po-Zuflüsse um so kleiner wird, je mehr sie thalab liegen. Da die Neigung der Po-Ebene von West nach Ost gegen das Meer zu abnimmt, so ist eine Abnahme des Gefälles der Po-Zuflüsse, in ihrer Lage von West nach Ost gedacht, auch erklärlich.

Bevor die Alpenflüsse in den Po münden, ändern dieselben die Laufrichtung, sie suchen nicht den kürzesten Weg auf, sondern sie schwenken unter spitzen Winkeln dem Po-Strome zu. Bei den Flüssen, welche von den Apenninen kommen, ist diese Erscheinung nicht so auffallend, wie bei den Flüssen des linken Po-Ufers. Die Alpenflüsse sind, was in den dortigen hyetographischen Verhältnissen des Landes begründet sein mag, in Bezug auf die abfliessenden Wassermengen gegen die Apenninenflüsse bedeutend im Uebergewicht, und in ihrem ungestümen Laufe drängen sie deshalb, wie es die Biegungen des Stromes deutlich erkennen lassen, den Po-Lauf allmälig gegen Süden. Mit dem Verdrängen des Hauptstromes gegen Süden mussten sich die Flussläufe der Alpen verlängern; diese Verlängerungen veranlassten sodann, durch die Zusammensetzung der Strömungstendenz des Po mit jener der Zuflüsse zur Resultirenden, ein spitzwinkeliges Anschmiegen der Nebenflüsse an den Po-Lauf.

Wäre **m** die Länge der kürzesten Strecke des Nebenflusses am Unterlaufe von der beginnenden Biegung bis zum Po, **n** die bestehende wirkliche Länge der Flusstraçe, von der beginnenden Biegung bis zur Flussmündung, so ist das Verhältniss dieser Längen:

für den Ticino m : n = 1 : 1·3
„ die Adda m : n = 1 : 1·75
„ den Oglio m : n = 1 : 3·4
„ „ Mincio m : n = 1 : 2

In der historischen Zeit hat der Po mit Ausnahme einiger Flussabkürzungen im Ober- und Mittellaufe, dann Bildung neuer Deltaarme keine besonders bemerkenswerthe Veränderung erfahren. Lombardini führt an, dass dieser Strom im Jahre 1777 bei Casalmaggiore eine Flussstrecke von 7 Kilom. um 5 Kilom., zwischen Castelnuovo und der Addamündung eine solche von 7 Kilom. um 5 Kilom.; im Jahre 1809 in der Nähe der letzten Stelle die vorhandene von 9 Kilom. wieder um 7 Kilom., in dieser Zeit also im Gesammten den Lauf um 17 Kilom. abgekürzt habe.

Ehemals passirte der Po die Stadt Ferrara. In der Nähe dieser Stadt spaltete sich derselbe in den Po Primario mit der Mündung bei Ravenna, und in den Po Volano, welcher in den nördlichen Theil der Lagune von Comacchio einmündete. Im Jahre 1152 brach der Po bei Stellata (20 Kilom. NE von Ferrara) aus, und nahm einen neuen, gegen die Lagunen von Venedig hin gerichteten Lauf, welchen er im grossen Ganzen auch gegenwärtig beibehalten hat. Seit dem Po-Durchbruche bei Stellata verlor der Po Primario, in dessen Bett gegenwärtig der Reno dem Meere zufliesst, sowie auch der Po Volano sehr bedeutende Wassermengen; und an den übrigen Mündungsarmen bildeten sich wieder neue Abzweigungen aus. Das im Jahre 1599 entstandene Project, die verschiedenen Po-Arme in einem Bett zu vereinigen, wurde im J. 1604 auch durchgeführt. Die regulirte Flussstrecke verkürzte sich gegenüber der früheren um die Hälfte und mündete in den alten Hafen von Goro. Seit der Zeit hat sich der Strom über 20 Kilometer verlängert, und theilt sich gegenwärtig in den Po Levante, Po Grande oder della Maestra und in den Podi Goro. In neuester Zeit theilte sich der Po della Maestra in die Arme: Po della Maestra, Po delle Tollé und Po della Donzella, und schliesslich verzweigt sich der Po delle Tollé in die Busa della Pilla, Busa del Canarino und Busa nuova delle Tollé. Die Situation Fig. 2 Taf. II. gibt ein anschauliches Bild des jetzigen Po-Deltas, mit den Tiefen der angrenzenden Meereszone, nach den Aufnahmen, welche unter der Leitung des Herrn österr. Fregattencapitäns Freiherrn v. Oesterreicher und des Herrn Linienschiffscapitäns der italien. Kriegsmarine Duca A. Imbert vom Jahre 1867 bis 1873 gemacht wurde.

Eine beachtenswerthe Erscheinung der oberitalienischen Tiefebene sind die Flusseindämmungen. Wie in andern Ländern baute man auch in Oberitalien in der Nähe von Flussmündungen Schutzdämme, um die verheerenden Hochwässer des flachen Landes damit zu fixiren. Beim Po kommt es vor, dass die Flusssohle eingedämmter Stromstrecken durch die Sediment-Ablagerungen sich bedeutend hob und sich

noch hebt, was gewöhnlich von einer Verminderung des Flussgefälles begleitet ist. Dass die Hochwasser des Stromes in eingedämmten Flussstrecken sich stauen mussten, und dass diese Stauung auf die uneingedämmten Flussstrecken flussaufwärts rückwirkte, und dort das angrenzende flache Gelände überschwemmte, ist begreiflich; die Bewohner verlängerten diese Dämme aus dem Grunde auch flussaufwärts. Bei dem Schlammreichthum und den sonstigen Eigenthümlichkeiten der oberitalienischen Flüsse, wurde in Folge der Erhebung der Flusssohle, wie z. B. bei der Etsch, dem Po, der Brenta u. a. m., auch die Aufholung d. i. eine entsprechende Erhöhung der Flussdämme nothwendig. Diese Massregel brachte im Laufe der Zeit eine nachtheilige Niveaulage zwischem dem Wasserspiegel solcher Flussstrecken und dem angrenzenden flachen Lande mit sich. Herr Lombardini sagt zwar, dass das Niederwasser eingedämmter Strecken des Po-Laufes im allgemeinen unter dem Niveau der angrenzenden Felder stehe, er gibt aber auch an, dass bei einer Stromschwelle im Jahre 1830 der Po-Wasserspiegel 3$^{met.}$ höher stand als das Steinpflaster der Stadt Ferrara. Seither haben sich diese Verhältnisse wesentlich geändert. Herr Zollikofer erwähnt, dass in den eingedämmten Flussstrecken der Normalwasserspiegel des Po von Ferrara aufwärts 2·5$^{met.}$, bei Hochwasser an manchen Stellen sogar 5 bis 6 Meter höher stehe, als der an den Fluss grenzende Boden. Aehnliche Verhältnisse existiren auch bei der Etsch, Brenta und mehreren anderen Flüssen.

Man erhält eine viel klarere Vorstellung der vom Po bewegten Mineralmassen, wenn der Blick auch auf den geologischen Bau und auf die allgemeine Zusammensetzung der Gesteine der Gebirge dieses hydrographischen Beckens hingelenkt wird. In den Temperatursextremen des Luftkreises einerseits, und in der Beschaffenheit der obersten Gesteinskruste andererseits liegt der Pulsschlag zum Werden der betrachteten und der noch zu erörternden Erscheinungen. Die Besonnung sowohl,*) wie die mechanische und chemische Wirkung des Wassers lockern die obersten Schichten des kahlen Theiles des Gebirges fortwährend auf, und die reichlichen, unter starkem Gefälle abfliessenden Niederschläge übernehmen den Transport und die weitere Verarbeitung des massenhaft von den Muttergesteinen abgelösten Materials, welches dann, sei es als Gerölle, Geschiebe, Kies, Sand oder als feinstes Zerreibungsproduct, als Schlamm, dem Wasserstosse äquivalent von den Flüssen auf dem weiten Wege von der Quelle bis zur Mündung zur

*) Von Livingstone zuerst in Afrika beobachtet.

Ruhe gebracht wird. Diese Thätigkeit äussert sich, in dem verhältnissmässig kleinen Raum unseres Gebietes auf die mannigfaltigste Weise.

Die Südwinde, welche den grössten Theil des Jahres in die Schluchten des Alpenwalles eindringen und die kahlen Felsen feucht erhalten, die mächtigen Gletscher, welche auf den Bergschultern unserer Alpen ruhen und den Thälern zufliessen, die Bäche, welche in zahllosen Rinnen hinunterrauschen, sowie jene, welche bei Regen erwachen, das Geschiebe in den Thälern in mächtigen Schuttkegeln aufspeichern, die Wucht der stürzenden Lawinen, welche Schutthalden und die verwitterten Gesteinsschichten aufwühlen und sie ins Thal mitreissen, sie alle allein vermögen die mächtige Bewegung der Mineralmassen in diesem Gebiete, den Schlammtransport der Flüsse, und die Natur des grossen, durch die Atmosphäre in dem Gebirge unterhaltenen Nivellements zu erklären.

In den Seealpen beginnt im Po-Quellengebiete, in der Central- und Mittelzone, die Primitivformation der Alpen, zusammengesetzt aus Massengesteinen, wie z. B. Syenit, Gabbro, Granit u. s. w., den krystallinischen Schiefergesteinen, wie Gneis, Granulit, Glimmerschiefer u. s. w., und den untergeordneten Bestandmassen, dem körnigen Kalk u. a. m. Diese Gesteine setzen die Centralzone der Alpen gegen den Monte Blanc, Monte Rosa zu, die rhätischen Alpen, und die noch weiter gegen Osten streichenden Gebirge zusammen. Am Oberlaufe des Ticino reicht diese Formation fast bis zur Po-Ebene herab. Vom Ticinofluss an nach Osten tritt die Primitivformation nur mehr in den höheren Partien des Alpengürtels zu Tage. Hingegen beginnt dann am südlichen Fusse der Alpenkette in der Nähe des Lago maggiore die Trias der Alpen mit den Dolomiten, dann Gutensteiner, Hallstädter und andern Kalken, den Raibler- und Gervillienschichten, Dachsteinkalken und Dachsteindolomiten. Dieselbe Formation, welche im Süden directe an die oberitalienische Ebene grenzt, zieht sich am südlichen Fusse des Alpenbogens bis gegen Kärnten und Krain hin. Zwischen Lago maggiore und Bergamo ist der Trias, südlich noch ein Tertiärgebiet vorgeschoben. Die Po-Quellen und jene der linksufrigen Nebenflüsse dieses Stromes von der Dora Riparia bis zum Tessin befinden sich in der Primitivformation, der Unterlauf derselben hingegen in der Schwemmebene des Po. Die Quellen der Adda liegen ebenfalls in der Primitivformation, sie durchfliesst den Comosee, tritt, nachdem sie das eben erörterte Tertiärgebiet durchflossen hat, schliesslich in die Po-Ebene über. Der Oglio, Mincio und andere diesem Gebiete zugehörige kleinere linksufrige Nebenflüsse des Po, haben die Quellen ebenfalls in der Primitiv-

formation situirt, sie durchfliessen das Tertiärgebiet am Fusse der Alpen und treten dann ebenfalls in die Po-Ebene über.

Die rechtsufrigen Flüsse des Po-Stromes entspringen in den Apenninen. In den höchsten Partien der ligurischen Apenninen tritt ebenfalls die Primitivformation auf, sie hört jedoch in der Nähe des Meridians von Genua auf, wo sich dann die Kreideformation, bestehend aus Kalksteinen, Kalkmergeln, Sandsteinen, Rudistenkalken, Thonen, welche durch Gabbro und Serpentininseln durchbrochen ist, ihr anschliessend, sich in den höchsten Partien der etruskischen Apenninen nach Osten fortsetzt. Der Uebergang von der Kreideformation zur norditalienischen Ebene wird am Fusse der Apenninen durch ein Streifen der Tertiärformation gebildet, welche bekanntlich zumeist aus Kalken, Sanden, Thonen, Mergeln, Conglomeraten, dem Macigno, zum grossen Theil aus Flysch, einem leicht verwitterbaren Mergelschiefer, Fucoiden enthaltend, zusammengesetzt ist. Dieses Flyschgebirge, in welchem unter anderem dunkelgraue bis schwarze Schiefer im Gemenge von andern Gesteinen vorkommen, bildet den grössten Theil des schmalen Streifens, welcher dem Fusse der Kreidezone folgt, und dessen Gesteine durch das Wasser sehr leicht zerstört und zersetzt werden. Fast das ganze Flussgebiet des Tanaro liegt in diesen Tertiärschichten. Hingegen befinden sich die Quellen der Flüsse von der Trebbia an bis zum Reno in der Kreidezone, sie durchfliessen darauf das erwähnte Tertiärgebiet am Fusse der Apenninen und treten endlich in die Po-Ebene über. Der Mittel- und Unterlauf des Po wie der seiner Zuflüsse liegen zum grössten Theile im eigenen, aus den Fragmenten der eben betrachteten Gesteinsschichten entstandenen Schwemmlande.

Nach Lombardini entleert der Po an der Mündung pro Secunde eine mittlere Wassermenge von 1720 Cubikmetern. Das jährlich in das Meer abfliessende Wasserquantum beträgt daher im Mittel

$$31557600 \times 1720 = 54279072000 \text{ Cubikmeter.}$$

Die Wassermenge hingegen, welche die Hydrometeore dem Stromgebiet des Po zuführen, beträgt mit Zuhilfenahme der früheren Beobachtungen

$$77600000000 \times 1{\cdot}1768 = 91319680000 \text{ Cubikmeter.}$$

Von der ganzen im Po-Gebiete jährlich fallenden Niederschlagsmenge gelangt sonach im Mittel

$$54279072000 : 91319680000 = 0{\cdot}594,$$

also etwas mehr als die Hälfte zum Abfluss, der Rest geht bekanntlich durch Verdunstung verloren, wird durch Verwitterungsproducte gebunden oder durch vegetabilisches und animalisches Leben verbraucht.

Der Po-Fluss bringt in einem Jahre durchschnittlich 42760000 Cubikmeter Schlamm in das Meer, und lagert denselben in seinem

Mündungsgebiete ab. Die vom Po in einer Secunde abgegebene Schlammmenge beträgt 1·355 Cubikmeter. In einem Cubikmeter des entleerten Wassers ist sonach 1·355 : 1720 = 0·000787 Cubikmeter Schlamm enthalten. Diesen Schlamm zu den Verlandungen an der nördlichen Küste der Adria liefern die Zerreibungsproducte der Gesteine der früher angegebenen Formationen, namentlich aber die weniger widerstandsfähigen des Trias der Kreide und der Tertiärschichten. Aber auch die Primitivformation der Alpen leistet ihren Tribut. Man erwäge nur die enorme Thätigkeit der Gletscherwelt in der Monte Blanc, Monte Rosa, Bernina, Gotthardgruppe u. s. w. Die an krystallinischen und thonreichen Schiefern so reiche Alpenzone wird von den Atmosphärilien leicht angegriffen, gelockert und zerstört. Wenn man bedenkt, dass der Po zur Zeit des Hochganges $^1/_{300}$, der Ganges $^1/_{2500}$, der Nil $^1/_{25000}$ fester Stoffe in der Gewichtseinheit des abfliessenden Wassers ins Meer abführen, so wird man von der Jugendkraft, welche den Flüssen Oberitaliens noch innewohnt, gewiss überzeugt sein.

Die eigentliche Po-Ebene entspricht bei einer mittleren Länge von 400 Kilom. und bei einer Breite von 120 Kilom. einem Flächeninhalte von 480 □Myriametern. Setzt man die ganze Fläche des betrachteten hydrographischen Beckens gleich Eins, so verhält sich dieselbe zur Po-Ebene wie 1 : 0·4.

An der Po-Ebene können zwei, sowohl in Bezug auf das Alter der Bildungsperiode, wie auch durch sonstige characteristische Merkmale wesentlich verschiedene Theile unterschieden werden. Dieselben bestehen:

a) Aus dem alten Schwemmlande, aus Diluvial-Bildungen zusammengesetzt, deren Altersmarke durch positive Zahlen genau nicht ausgedrückt werden kann.

b) Dem recenten Theile der Po-Ebene, aus Schichten bestehend, welche in der neueren, neuesten, zum Theil in der historischen Zeit entstanden oder noch gegenwärtig in Bildung begriffen sind.

ad a) Den Diluvial-Bildungen gehören fast $^2/_3$ der ganzen Po-Ebene an. Sowohl am oberen Laufe des Po, als auch bei den Nebenflüssen, sind sie durch Merkmale characterisirt, wie: durch steile hohe Flussufer, das Flussbett ist im eigenen Schwemmlande eingeschnitten, und was besonders hervorzuheben ist, die betreffenden Flussstrecken sind meistens von Flussterrassen begleitet Im alten Schwemmlande tief eingeschnitten, sind die Flüsse besonders dort, wo sie aus den Seitenthälern der Alpen kommend, die Po-Ebene betreten.

An solchen Stellen liegen z. B.:

die Ufer des Ticino zwischen 80 und 90^{met.}

" " " Oglio " 70 und 80^{met.}

" " " mittleren Po bei 30^{met.} über der Flusssohle.

Die Uferhöhe dieser Flüsse nimmt in dem Masse ab, als sich der Po dem Meere nähert.

Die Höhe der Ticino-Ufer bei Pavia beträgt 20^{met.}

" " " Po-Ufer bei Cremona " im Mittel 9^{met.}

" " " Oglio-Ufer bei Bozzolo " " " 5^{met.}

In der oberen Po-Ebene erhalten sich die erwähnten Flussterrassen beinahe bis zur Ogliomündung, wo sie fast 20^{met.} über dem Meere liegen. Die allmälige Abnahme dieser Terrassenhöhe und das gänzliche Verschwinden in der Richtung gegen die Minciomündung, bezeichnet die Uebergangszone, welche das alte von dem recenten Schwemmlande trennt.

Das Vorkommen von Flussterrassen, dann steiler hoher Ufer, der im eigenen Schwemmlande tief eingeschnittener Flüsse ist eine Erscheinung, die fast an allen europäischen Flüssen wahrzunehmen ist, und wird nach älteren Anschauungen durch die Annahme von säcularen Bodenschwankungen erklärt. Bei constantem Meerwasserspiegel sollten sich demnach gewisse Theile der oberen Po-Ebene um 100 ^{met.} gehoben und die Meereswasserlinie nach Osten gedrängt haben. Derartige Bodenbewegungen sollen weiters die Ursache sein, dass die erosirenden Flüsse im eigenen Schwemmlande sich eingeschnitten, oder andererseits, je nach der Natur solcher Bewegungen zur Bildung von Flussterrassen Anlass gegeben haben. Aehnliche Rudimente der Wasserthätigkeit aus der grauen Vorzeit machen, abgesehen von den Bildungen der postglacialen Zeit, den wesentlichsten Unterschied zwischen dem diluvialen und dem recenten Theile der Po-Ebene, an welchem letzteren ähnliche Merkmale in so auffallender Weise nicht wahrzunehmen sind.

Könnte angenommen werden, dass die Abdachungen der Alpen und Apenninen auch unter dem Schwemmlande der Po-Ebene mit gleicher Neigung verlaufen, wie sie zu Tage ist, so wäre es möglich, aus irgend einem Querschnitte, welcher durch den einst dort bestandenen Meerbusen (die jetzige Ebene) geführt wird, auf die beiläufige Tiefe der Diluvialschichte zu schliessen. Denkt man sich durch den Meridian von Bergamo—Crema eine Vertical-Ebene gelegt, und dieselbe mit den Alpen, der Po-Ebene und den Apenninen zum Schnitt gebracht, so

wird das Profil, siehe Fig. 3, Tafel II, erhalten, und aus den gegebenen Constructionsgrössen resultirt, dass unter dem Niveau der Stadt Crema die Tiefe der Diluvialschichte 1300$^{met.}$, unter der Ebene des Meeres hingegen 1200$^{met.}$ stark sei. Die Wahrscheinlichkeit dieses Resultates gewinnt nur insoferne einige Bedeutung, als der Po, vorausgesetzt, dass die Ausfüllung des bestandenen Meerbusens gleichmässig vor sich gegangen wäre, ungefähr über der tiefsten Stelle der Diluvialschichte des Beckens zu liegen kommen müsste. Nach den früheren Darstellungen haben die Alpenflüsse den Po so lange gegen die Apenninen gedrängt, bis unter dem Einflusse der links- und rechtsufrigen Zuflüsse die gegenwärtige Gleichgewichtstrace des Po entstanden ist.

ad b) Der recente, d. i. neuere Theil des der gegenwärtigen Epoche angehörigen Schwemmlandes nimmt fast $^1/_3$ der ganzen Po-Ebene ein, und beschränkt sich auf das gegenwärtige Po-Delta, mit dem fast bis zum Mincio reichenden Hinterlande; die westliche Fortsetzung desselben ist dann in der Uebergangszone zu den diluvialen Bildungen zu erkennen. Wie angedeutet, characterisirt sich dieser Theil der Po-Ebene durch Mangel an Flussterrassen, durch Mangel an hohen und steilen Ufern, die Flüsse, namentlich der Po, sind, um das Ausbreiten der Hochwässer am flachen Gelände zu verhindern, im Gegentheile bis über die Minciomündung hinaus eingedämmt. Dieser Landcomplex muss durch die Flüsse auch verhältnissmässig rasch angeschwemmt worden sein. Ravenna war bekanntlich bis zum Mittelalter (ungefähr 6. Jahrhundert nach Christo) wie Venedig ein Seehafen, und jetzt, nach beiläufig dreizehnhundert Jahren, liegt die Stadt von der Meeresküste an, bei 8 Kilometer landeinwärts. Die Stadt Adria, welche ebenfalls am Meere lag, war im 12. Jahrhunderte 9·32 Kilom. ($1^1/_4$ geograph. Meilen), im 16. Jahrhundert, also nach 400 Jahren, 18·58 Kilom. (2·5 geograph. Meilen) von der Küste des vielarmigen Po-Delta entfernt. Das Vorschreiten des Po-Delta betrug bis zum 16. Jahrhundert im jährlichen Mittel daher:

$$(18580 - 9320) : 400 = 23{\cdot}1^{met.}$$

Um das Jahr 1840 betrug die Distanz zwischen der Stadt Adria und dem äussersten Bogen der Küstenlinie des Po-Delta 4·5 geograph. Meilen oder 33390$^{met.}$. Mit Rücksicht auf die vorhergehende Betrachtung ist die Meeresküste in dieser Zeit jährlich im Mittel:

$$(33390 - 18500) : 240 = 61{\cdot}8^{met.}$$

in das Meer vorgerückt.

Da vor circa 2000 Jahren die Stadt Adria noch am Meere lag, so betrüge nach diesen Darlegungen in dem genannten Zeitabschnitte das mittlere jährliche Vorschreiten der Meeresküste

$$33390 : 2000 = 16\cdot68^{\text{met.}}$$

Diese Resultate ergeben, dass das Anwachsen des Schwemmlandes seit dem 17. Jahrhundert sich fast verdreifacht hätte. In der Situation des Po-Deltas, siehe Fig. 2, Tafel II, sind zwischen Po di Goro und Po di Donzella auch Guocca genannt, die bestandenen Küsten der Jahre 1647, 1657, 1749, 1758, 1765, 1786, 1803, 1841 und die jetzige Küste nach der Aufnahme vom Jahre 1867—1873 eingezeichnet, und geben eine beiläufige Vorstellung über das Fortschreiten des Deltas. Die Zunahme der Material-Ablagerungen am Po-Delta mag vielleicht in der Eindämmung des unteren Po-Laufes und seiner Zuflüsse, auch in der starken Entwaldung dieses Stromgebietes, und in der durch diese Massregel vergrösserten Verwitterungsoberfläche, vielleicht auch in anderen Vorkommnissen begründet sein. Als die Po-Dämme noch nicht so ausgedehnt wie heute waren, da konnten die Hochwässer des Flusses in dem angrenzenden flachen Gelände sich ausbreiten und einen Theil des Sedimentes ausserhalb des Flussprofiles ablagern. Gegenwärtig jedoch verhindern die Dämme das Austreten der Hochwässer, und es werden jene Sedimentquantitäten, welche an der Flusssohle nicht liegen bleiben, im Gesammtbetrage mitgerissen, und in der äussersten Zone des Mündungsgebietes zur Ruhe gebracht.

Jene Sanddämme, welche das Po-Delta von Nord nach Süden durchziehen und circa 10 Kilom. östlich von der Stadt Adria gelegen sind, bildeten im 13. Jahrhunderte noch die Küstenbegrenzung. Nach Angaben des Herrn Zollikofer wurde von diesen Sanddämmen an bis zum Jahre 1599 durch den Po 158 □Kilom. Schwemmland aufgetragen. Vom 13. bis zum 16. Jahrhundert, also in 300 Jahren, wurde demnach im Mittel jährlich eine Deltafläche von

158 : 300 = 0·53 □Kilom. angeschwemmt.

Vom 16. bis in die Mitte des gegenwärtigen Jahrhundertes hat der Po 470 □Kilom. Schwemmland aufgetragen. Das jährliche Mittel dieser Anschwemmung beträgt sonach

470 : 240 = 1·95 □Kilom.

Die Arbeit, welche der Po-Fluss bei der Bildung der recenten Po-Ebene allein geleistet hat, lässt sich nicht fixiren, weil einige Küstenflüsse wie z. B. die Etsch, der Bacchiglione, Reno u. a. m. auch einen Beitrag geliefert haben müssen. Herr Zollikofer nimmt an, dass die gegenwärtig in dem recenten Theile der Po-Ebene situirten Zuflüsse $^1/_3$, und der

Po selbst $^2/_3$ des vor dem 16. Jahrhunderte entstandenen Schwemmlandes erzeugt hätten, die Summe dieser Arbeiten ergab am Po-Mündungsgebiete jährlich

$$0·53 + \frac{0·53}{3} = 0·7 \square\text{Kilom. Land.}$$

Die Fläche des recenten Theiles der Po-Ebene beträgt 16200 □Kilom., daher das wahrscheinliche Minimalalter derselben

$$\frac{16200}{0·7} = 23000 \text{ Jahre.}$$

Setzt man bei dieser Landbildung die Beitragsleistung der Küsten und Nebenflüsse gleich Null, so ergibt sich das muthmassliche Maximalalter des recenten Theiles der Po-Ebene mit

$$\frac{16200}{0·53} = 30565 \text{ Jahren.}$$

Soweit die Ausführungen des Herrn Zollikofer. Es bleibt nur noch zu untersuchen, wie weit die erhaltenen Altersresultate haltbar sind oder nicht.

Früher wurde angegeben, dass die am Mündungsgebiete des Po gelegene Küste nach Angaben des Herrn Lombardini vom 13. bis zum 16. Jahrhundert im Mittel 23·1$^{\text{met.}}$ jährlich, dann vom 16. bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts 61·8$^{\text{met.}}$, und innerhalb von 2000 Jahren im Mittel 16·68$^{\text{met.}}$ jährlich gegen Osten vorgerückt sei. Diese Angaben geben zu bedenken, dass die lineare Vorrückung des Küstensaumes gegen das Meer, in alter Zeit im Gegenhalte zu dem Fortschritte in neuerer Zeit aus dem Grunde geringer war, weil damals die Hochwässer der Flüsse sich in Sümpfe entladen haben, weil sie dort einen Theil des Schlammes absetzen konnten und weil in Folge der besseren Bewaldung des Stromgebietes, die directe Verwitterungsoberfläche und die damit verknüpfte Schuttführung und Erzeugung von Zerreibungsproducten kleiner gewesen sein mag, während in neuerer Zeit zu den Entwaldungen des Po-Stromgebietes noch Landentsumpfungen und Flusseindämmungen hinzugekommen sind.

In der fernen Vorzeit müssen die Naturkräfte, ob sie jetzt kosmischen oder terrestrischen Ursprunges sind, den Ausbau des Küstenlandes zwischen den Alpen und Apenninen in ähnlicher Weise wie gegenwärtig, gefördert haben.

Der jugendfrische, von zahlreichen Zuflüssen genährte Po, eilte auch früher, wie noch gegenwärtig, mit den Landanhäufungen seines vielarmigen Delta, den angrenzenden, buchtenartig zurückgebliebenen

Küstenstrichen weit voraus. Die zu beiden Seiten des Po-Deltas liegenden, buchtenartig zurückgebliebenen Küstenstriche weiter auszubauen und dieselben den Ersteren nachzuschieben, dies zu thun übernahmen die in der Nähe befindlichen Küstenflüsse, wie z. B. gegenwärtig die Etsch, der Bacchiglione, die Brenta, der Reno, Lamone u. a. m., welche der Po sodann im Laufe der Zeit, zum Lohne für die geleistete Arbeit, ebenfalls seinem Haushalte einverleiben wird.

Sowie die Stadt Adria einst am Meere stand, ebenso müssen jene Landstriche, wo gegenwärtig Mantua liegt, oder wo heute der Oglio in den Po einmündet, ebenfalls am oder unter dem Meere gestanden sein. Das Mass des jährlichen linearen Vorschreitens der Küste von Mantua an, dürfte im Mittel pro Jahr auch den Werth von 16·68$^{\text{met.}}$ erreicht haben, wie derselbe aus den früheren Beobachtungsresultaten, für die letzten Zweitausend Jahre gefunden wurde; dabei ist zu bemerken, dass in dem Werthe der linearen Vorrückung der Küste, die verschiedenartigen Einflüsse und Einzelnwirkung bei der gegebenen Sachlage mitbegriffen sind.

Damit also die Meeresküste aus der Position zwischen Mantua und der Ogliomündung (aus der Uebergangszone von dem neuen, zum alten Schwemmlande) in die Position zwischen Venedig und Ravenna rücken konnte, musste das jährlich im Mittel 16·68$^{\text{met.}}$ linear gegen Osten vorgeschobene Schwemmland einen Weg von beiläufig 140 Kilom. zurücklegen, dazu war aber ein Zeitabschnitt von:

$$\frac{140000}{16{\cdot}68} = 8398 \text{ Jahren erforderlich,}$$

ein Resultat, dem wenigstens einigermassen positive Beobachtungsresultate zu Grunde liegen. Wie weit Bodenschwankungen oder sonstige Einflüsse das Vorrücken des Schwemmlandes beschleuniget oder verzögert haben, dies anzugeben fehlt es an dem nöthigen positiven Beobachtungsmateriale. Wie noch gegenwärtig deutlich wahrgenommen werden kann, haben beim Ausbau dieser Schwemmlande die Flüsse, vom Meere unterstützt, die Hauptarbeit verrichtet. Anderweitige Einflüsse, welche diese Bildungen modificirten, können nur durch innerhalb grosser geologischer Perioden gewonnene Anhaltspunkte festgehalten, und die erhaltenen Resultate entsprechend corrigirt werden. Selbst wenn man die Schmick'sche Theorie über die säculare Umsetzung der Meere unter dem Einflusse der Sonnen- und Mondanziehung in den Kreis dieser Betrachtungen ziehen und auf Grund dieser Lehren annehmen würde, dass die Po-Ebene vor Eilftausend Jahren zum Theil unter dem Meere lag, so wird selbst bei der Annahme, dass die gegenwärtig auf der Südhalb-

kugel stehende säculare Fluth die Länder der nördlichen Halbkugel in Folge der nach Süden gravitirenden Wassermassen trocken lege — es schwer sein, bei dem Landstreifen, den der Po jährlich anschwemmt, jenen Streifen in Rechnung zu bringen, welcher durch das Abziehen der säcularen Fluth vom Meere verlassen wird. Interessanter dürfte es sein, das zuletzt gefundene Alter der recenten Po-Ebene an der Hand der Schmick'schen Lehren über die säculare Umsetzung der Meere unter dem Einflusse der Sonnen- und Mondanziehung, dann der, die Haltbarkeit der Schmick'schen Theorien prüfenden Untersuchungen des Herrn Professors Gustav Niessl v. Mayendorf in Brünn *) zu controliren.

Herr Schmick bemerkt, dass nicht nur die unter dem Einflusse der Zusammenziehung stattgefundene Volumsverminderung der Erdkruste, sondern dass auch andere Bewegungen der Erdrinde in neuester Zeit geringer geworden sein müssen, weil die Straten der Tertiärbecken bekanntlich weniger gestört seien als jene der älteren Formationen. Die Annahme der Schwankungen des Bodens bei constantem Meeresspiegel genügt nicht, um gewisse Erscheinungen auf dem Gebiete der Geologie zu begründen, wohl aber lässt sich ein Theil der neuen und neuesten Bildungen der Erdkruste mit Zugrundelegung des ewigen Naturgesetzes der durch die Sonnen- und Mondanziehung verursachten oscillatorischen und periodischen Meeresniveau- und Temperaturschwankungen sehr einfach und natur-

*) Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn, XIV. Band, 1875. G. Niessl von Mayendorf. Bemerkungen über die Schmick'sche Hypothese der säcularen Meeresumsetzung. Seite 76 heisst es:

„Indem ich nun alle diese Erwägungen zusammenfasse, gelange ich „zu dem Schlusse, dass in der äussersten Consequenz, wenn nämlich durch „die Schmick'sche Hypothese der grosse Unterschied der mittleren Meeres- „tiefen beider Erdhälften erklärt werden soll, diese durch die bisherigen „Erfahrungen über die Gestalt der Erde nicht unterstützt wird. Soferne „sich jedoch die Annahme nur auf die säculare Umsetzung innerhalb einer „Präcessionsperiode erstreckt, welche viel geringer wäre, und etwa $^1/_{10}$ „der hier besprochenen betragen würde, möchte allerdings gelten, was „ich schon früher erwähnte, dass die Bestimmung der mittleren Form der „Erde und des Niveaus der Meere noch nicht hinlänglich genau ist, um „hier einen Massstab zur Beurtheilung abzugeben, da ja auch angenommen „wird. dass gegenwärtig das Maximum der Wasserversetzung noch gar „nicht erreicht ist.“ . , . .

Seite 77: „Die Annahmen des Herrn Schmick sind nicht durchweg „wissenschaftlich begründet, aber es ist von ihm eine solche Menge em- „pirischer Thatsachen oder doch Beobachtungen zusammengetragen worden, „dass es auch nicht wissenschaftlich ist, sie ohne einer ernsten Prüfung „wegwerfend abzuthun.“

gemäss zu erklären*). Wäre beispielsweise an irgend einer Stelle der gerade in der Anziehungssphäre der Sonne stehenden Kugelkalotte eine säculare Fluth thätig, so müsste das flache, vorher mit Flüssen durchzogene Küstenland allmälig unter Wasser gesetzt, und die Fluss-Mündungen vom steigenden Meere allmälig in das Innere des Landes zurückgedrängt werden. Die thalab liegenden Flüsse des Stromes würden nach Massgabe der Höhe der thalauf vordringenden Meeresfluth wieder selbstständig werden, und sie müssten ihre Anschwemmungsproducte im Niveau des jeweiligen Meeresspiegels, wo gerade ihre Mündungen liegen, zur Ablagerung bringen.

---

*) Schmick H. Das Fluthphänomen und sein Zusammenhang mit den säcularen Schwankungen des Seespiegels. Leipzig 1874. Schmick H. Neue Theorie periodisch säcularer Schwankungen des Seespiegels und der Temperaturhöhe, bestätiget durch geologische und geognostische Befunde. Leipzig 1878 u. a. m. Schmick gründet seine Theorie bekanntlich auf die von Adhemar zur Erklärung der Eiszeiten benützten Naturgesetze der Präcession (Kreiselbewegung der Erdaxe), dann auf die, letztere beeinflussende Nutation (Wanken der Erdaxe) und auf andere Einflüsse, wie z. B. auf die Perturbationen der grossen Axe der Erdbahn (Absidenlinie), welche ebenfalls keine fixe Lage besitzt.

Das Vorrücken der Tag- und Nachtgleichenpunkte beträgt im Jahre 51·1″. — Die Perturbationen der Absidienlinie 11·8″; daher müssen damit die Tag- und Nachtgleichenpunkte die ganze Erdbahn durchlaufen $\frac{360^0}{51{\cdot}1 + 11{\cdot}8''} = 21000$ Jahre vorgehen. Innerhalb einer solchen Präcessionsperiode von 21000 Jahren muss jeder Punkt der Ekliptik einmal in die grösste Anziehungssphäre der Sonne gelangen, so dass die halbe Periode mit 10500 Jahren auf die Nord- und eben eine solche auf die Südhalbkugel entfallen. Darauf gründet Schmick seine Theorie der säcularen Umsetzung der Meere. Nach dieser Theorie gibt es also ausser der täglichen durch Sonne- und Mondanziehung hervorgebrachten Fluth und Ebbe, auch noch eine säculare Fluth, entsprechend der Präcessionsperiode. Die Anziehungsintensitäten innerhalb der 21000jährigen Präcessionsperiode als Ganzes genommen, unterliegen wieder Schwankungen; sie werden mit der Aenderung der Excentricität der Erdbahn, je nach dem Stande derselben grösser oder kleiner.

Nach Schmick werden die niederen Continente der Südhalbkugel noch fort unter Wasser gesetzt, während auf der Nordhalbkugel Land trocken gelegt wird. Gestützt auf die Berechnung der Astronomen, dass um das Jahr 4002 vor Christi die Absidenlinie mit den Aequinoctien zusammenfiel, schliesst Schmick, dass die säculare Fluth, welche gegenwärtig auf der Südhalbkugel thätig ist, um diese Zeit vor Christi am Aequator gestanden sei. Mit den weiteren Ausführungen über diese Theorie wird auf die früher citirten Werke des Verfassers verwiesen.

Als sich darauf das Meer zurückzog, dann blieben in dem höhern Niveau die von den Flüssen gebildeten Materialaufträge als Flussterrassen zurück, oder es haben die erosirenden Flüsse, nachdem die säculare Fluth abgezogen war, sich an manchen Flussstrecken in das eigene Schwemmland tief eingeschnitten.

Lyell erklärt bekanntlich die Entstehung derartiger Flussterrassen, wie sie am Mississippi, Ohio in Amerika und auch an den europäischen Flüssen vorkommen, durch die säcularen Schwankungen des Bodens und die zwischen solchen Bewegungen eingetretenen Ruhepausen, welche die Flüsse benützt haben müssen, um sich dann je nach der Natur der Bodenbewegung, entweder ins Schwemmland einzuschneiden, oder neue Geschiebsquantitäten abzulagern.

Vorher wurde bemerkt, dass auch der diluviale Theil der Po-Ebene Flussterrassen einerseits, oder im eigenen Schwemmlande tief eingeschnittene Flussstrecken andererseits aufzuweisen habe, während am recenten Theile derselben, Kriterien dieser Art, und in so characteristischer Weise nicht zu erkennen sind. Wenn daher diese Thatsachen mit der Schmick'schen Theorie über die säculare Umsetzung der Meere in Beziehung gebracht werden, so kann dadurch die Wahrscheinlichkeit des zuletzt erhaltenen Altersresultates des recenten Theiles der Po-Ebene einer Prüfung unterzogen werden.

Gegenwärtig stehen die Meere nach Schmick, beinahe in der Mitte ihres Oscillationsraumes. Im Verlauf der nächsten fünf Jahrtausende werden die jetzt noch unter Wasser stehenden tieferen Landcomplexe der Nordhalbkugel trocken gelegt, und ein grosser Theil des gegenwärtig trockenen Flachlandes der Südhalbkugel unter Wasser gesetzt werden. Wie bereits ewähnt, fand in dieser Präcessionsperiode die stärkste Anziehung und die damit verbundene höchste säculare Fluth am Aequator um das Jahr 4002 vor Christi statt. Die Dauer der nach den gegebenen Darlegungen durch die Präcession begründeten säcularen Sonnenanziehung beträgt für eine Hemisphäre bekanntlich 10500 Jahre. Nachdem aber die säculare Fluth gegenwärtig auf der Südhalbkugel steht, und nachdem dieselbe um das Jahr 4002 vor Christi am Aequator gestanden sein soll, so muss die säculare Fluth vor der Aequatorialfluth auf der Nordhalbkugel gestanden, durch das zunehmende Steigen die Flachküsten der norditalienischen Ebene bedeckt und die Flussmündungen in ein höheres Niveau zurückgedrängt haben. Vor 5250 + 4002 Jahren also, muss nach den Schmick'schen Lehren die säculare Fluth auch auf der lombardisch-venetianischen Ebene das Maximum erreicht haben.

Dieses Ereigniss liegt sonach

$$1881 + 4002 + 5250 = 11133 \text{ Jahre}$$

vor der gegenwärtigen Zeit.

Als dann das dortige Meer um diese Zeit zu sinken und sich aus dem alten Theile der Po-Ebene zurückzuziehen begann, stiegen auch die Flüsse, welche während der säcularen Fluthdauer ihr Geschiebe in höheren Niveaus deponirt hatten, mit dem sinkenden Meere wieder langsam in das Thal herab. Der Po konnte von dem sich zurückziehenden Meere unterstützt, die verwaisten Zuflüsse nach und nach wieder aufnehmen und den Ausbau des Landes durch das Vorschieben des Deltas gegen Osten, wie es heute noch geschieht, wieder weiter fortsetzen.

Das früher für den recenten Theil der Po-Ebene erhaltene Alter mit 8938 Jahren kann aber neben dem, nach der Schmick'schen Theorie erhaltenen Resultate, der Anwesenheit des Meeres vor 11133 Jahren im alten Theile der Po-Ebene, weil die vorletzte Zahl kleiner ist, ganz gut bestehen.

Die Differenz zwischen beiden Werthen von rund 3000 Jahren lässt sich dadurch erklären, dass die säculare Fluth auch eine gewisse Zeit brauchte, um sich aus dem alten Theile der Po-Ebene zurückzuziehen. Sobald die Wassergrenze in den Bereich der Uebergangszone, welche den recenten Theil der Po-Ebene mit dem diluvialen Theile verbindet, zu liegen kam, von da an erst konnte der Po mit seinen Nebenflüssen den Ausbau des neuen Schwemmlandes wieder weiter aufnehmen, und das sich zurückziehende Meer in der Trockenlegung des Landes bedeutend überflügeln. Diese Darlegung würde ergeben, dass das von Herrn Zollikofer gefundene Alter des recenten Po-Delta etwas zu hoch gegriffen sei.

Während der westliche Theil der norditalienischen Tiefebene von dem weitverzweigten Flusssystem des Po eingenommen wird, gehört der östliche, und wie aus der Niederschlagstabelle I zu ersehen ist, weit wasserreichere Theil derselben den Abflussgebieten der Küstenflüsse an, wozu, abgesehen von den kleineren Flüsschen, die Etsch, der Bacchiglione, die Brenta, der Novissimo, der Marzenego, Dese Zero, der Sile, Vallio, Meolo, die Piave, Livenza, der Tagliamento, die Stella, Muzzanella, Zellina, der Corno, die Ausa u. m. a., der Isonzo mit dem Torre zu zählen sind. Besonders vom Po bis zur Piave sind die Flüsse für die Binnenschifffahrt, die Industrie und die Bewässerung des Culturbodens durch ein ausgedehntes Canalnetz mit einander verbunden, in welchem zur Stützung des Wassers, zur Erhaltung der Fahrwassertiefe ein ganzes System durch Rechtsverhältnisse geregelter Schleussen eingebaut sind. In diesem Wassernetz dienen einzelne Canalstrecken zum

Zwecke der Aufnahme trüber und schlammiger Hochwässer als Entlader. Die Vertheilung und Besprechung der Construction und Art der Schleussen, sowie die Gesetze zur Aufrechthaltung der hydraulischen Ordnung innerhalb des vorliegenden Fluss- und Canalnetzes wird, da diese Frage mehr technischer Natur ist, seinerzeit separat behandelt werden; für den vorliegenden Zweck ist es viel wichtiger, die Natur der grösseren Flussläufe des östlichen Beckentheiles in gedrängter Kürze kennen zu lernen.

Die Etsch hat eine Länge von 400 Kilometern; ein Niederschlagsgebiet von 136·2 □Myriametern, und in der Ebene von Venedig im Mittel eine Breite von 120$^{met.}$ Bei einer mittleren Niederschlagshöhe von 1·045$^{met.}$ entspricht diesem Abflussgebiet das mittlere jährliche Niederschlagsquantum von 14232900000 Kubikmeter Wasser. Das Gefälle der Etsch beträgt 1 : 2700, zwischen Legnano und der Flussmündung 1 : 5000. Das Quellengebiet sowie der Mittellauf des Flusses liegen zum grössten Theile in der Primitivformation; zwischen Trient und Verona geht der Fluss abwechselnd in den Straten der Kreideformation und der Trias, und nördlich von Verona tritt derselbe aus dem dortigen Engthale plötzlich in die venetianische Ebene über. Auch die Etsch führt sehr bedeutende Sedimentmassen; bekanntlich ist der Fluss in der venetianischen Ebene eingedämmt, und da die Flusssohle durch den abgelagerten Schlamm immer mehr gehoben wird, müssen auch die Dämme entsprechend aufgeholt werden. Bei Legnano z. B. liegt das Flussbett der Etsch fast 6$^{met.}$ höher als das Steinpflaster der Stadt. (Siehe Idealprofil Fig. 3 Tafel II.) Die Etsch hat in der historischen Zeit am Unterlaufe sehr viel Aenderungen erlitten. Im Jahre 589 passirte der Fluss die Stadt Este und ergoss sich damals in den Hafen von Brondolo. Um diese Zeit geschah bei Cucca ein Durchbruch; nach dieser Katastrophe nahm der Fluss in grossen Umrissen den jetzigen Lauf an. Ein bedeutender Durchbruch erfolgte im 10. Jahrhundert, es entstand ein neuer Arm, der jetzige Adigetto, welcher Rovigo passirt, und die Canalverbindung zwischen dem Po und der Etsch herstellt. Wie aus der Situation Tafel I und Tafel II Fig. 1 entnommen werden kann, ist es jetzt hauptsächlich die Etsch, welche durch ihre Ablagerungen den dortigen Küstenstrich ausbaut und immer mehr der einstigen Heimat dem Po-Laufe zustrebt.

Der Bacchiglione entspringt am Fusse der Alpen und betritt zwischen Bassano und Schio die venetianische Ebene. Lauflänge von 120 Kilom., ein Niederschlagsgebiet von 31 □Myriameter, welchem bei der jährlichen mittleren Regenhöhe von 1·312$^{met.}$ ein mittleres

jährliches Niederschlagsquantum von 4067200000 Cubikmeter entspricht. Die Stadt Vicenza entnahm dem Flusse schon im Jahre 1314 durch den Canal Bisato, welcher sich bei Debba von diesem Flusse abzweigend bis Este geführt wurde, zu industriellen Zwecken und für die Bewässerung eine sehr bedeutende Wassermenge. Zwischen Padua und Este liegt andererseits der Battagliacanal, und da der Canal Bisato bei Este in denselben einmündet, so erhält der Bacchiglione auf diesem Wege einen Theil des ihm bei Debba entnommenen Wassers in Padua wieder zurück. Bis zu den Thoren von Padua erhielt der Bacchiglione keine Zuflüsse mehr, ausser durch den Brentacanal, welcher bei Limena von der Brenta abzweigte und bei Brusegnana vor Padua in den Bacchiglione einmündete. Von Padua an theilt sich der Bacchiglione in zwei Arme:

Von diesen hat der linke Arm zwei Zweige. Einer derselben tritt in Padua durch die Porte Contarine aus und mündet in den Piovego, der zweite Zweig dieses Armes führt den Namen Canal Runcajette, und bildet das eigentlich wahre Bacchiglionebett. Der rechte Arm des Bacchiglione, welcher in der Vorstadt Basanello in Padua abzweigt, heisst Canal Battaglia; derselbe wurde im 12. Jahrhunderte erbaut, hatte ursprünglich $6^{met.}$ hohe Dämme, und bei einer mittleren Canalbreite von $14^{met.}$ ein Gefälle von $0{\cdot}144^{met.}$ per italien. Miglie. Dieser Canal ist für die Bewässerung, Schifffahrt und zum Betrieb von Mühlen und Fabriken bestimmt, nimmt bei Battaglia den Canal von Monselice (auch Bisato genannt) auf, wendet sich gegen Osten und vereinigt sich bei Bovolenta mit dem Canal von Runcajette. Von der Stelle an fliesst der Bacchiglione im Canale Pontelungo gegen Südosten, vereinigt sich schliesslich mit der Brenta, und mündet durch den Hafen von Brondolo in das Meer.

Als im Jahre 1840 der Brentafluss in der Nähe des Ortes Conche in die Lagune von Chioggia geleitet wurde, verlegte man den Bacchiglione bei Ca di Mezza, (einem Orte gegenüber von Conche,) in das verlassene Brentabett, und seither fliesst derselbe von der Brenta getrennt, in das Meer. Der Canal von Pontelungo nimmt nebenbei noch viele kleinere Wasseradern auf. Die Etsch sowie der Bacchiglione haben zur Verlandung des südlichen Theiles, der in der historischen Zeit noch bis Monte Euganei ausgedehnt gewesenen Lagune von Venedig viel beigetragen, und haben das Gebiet, wo sie jetzt fliessen, mit der Zeit trocken gelegt.

Nach diesen folgen jene Flüsse, welche mit der Leidensgeschichte der Stadt Venedig sehr eng verknüpft sind; sie münden zum Theile noch in die Lagune, zum Theil aber wurden sie daraus verbannt. Der grösste dieser lagunaren Flüsse ist:

Die Brenta. Dieselbe hat eine Lauflänge von 150 Kilom. und ein Niederschlagsgebiet von 29 □Myriameter; sie entspringt in der Nähe von Primerio, in einem sehr regenreichen Gebiete am Fusse der Alpen, und betritt bei Bassano die venetianische Ebene. Die mittlere Niederschlagshöhe von Feltre beträgt 1·783$^{met.}$, jene von Valdobbiadene 1·61$^{met.}$; beide Stationen liegen im Quellengebiete des Flusses. Bei der Annahme einer mittleren Niederschlagshöhe von 1·7$^{met.}$ entspricht dem Brentagebiete ein jährliches Niederschlagsquantum von 4930000000 Cubikmeter. Nach den Beobachtungen des königlich italienischen Regierungsamtes von Padua, welche an den Hydrometern bei Stra und Sandon in den Jahren 1858 bis 1861 vorgenommen wurden, führte die Brenta im Mittel eine Wassermenge von 138·84 Cubikmeter pro Secunde. Während dieser Beobachtungsperiode von 4 Jahren ist im Mittel, jährlich ein Wasserquantum von 4378514512 Cubikmeter abgeflossen. Wenn man bedenkt, dass der Brentalauf sehr kurz ist, und dass kein zu grosser Theil davon in der Ebene liegt, weiters, dass das Flussgefälle von der Quelle bis Stra sehr ansehnlich, und die Entfernung von Stra bis zur Flussmündung gar nicht gross ist, und dass schliesslich der Brenta in der Ebene sehr zahlreiche Wasseradern zurieseln, so ist es erklärlich, dass bei den häufigen in der Gegend vorkommenden Gewittern der grösste Theil, also

$$4378514512 : 493000000 = 0·88$$

des gefallenen Niederschlages zum Abfluss gelangt.

Vom nämlichen Amte wurde weiters beobachtet, dass derselbe Fluss im Jahre durch 104 Tage getrübt war, in dieser Zeit betrug die mittlere Abflussmenge 172 12 Cubikmeter pro Secunde. Während der mittleren Zeit von 28 Tagen im Jahre kamen sehr intensive Regengüsse und wuchtige Flussanschwellungen vor; so dass bei dieser Gelegenheit die Brenta eine mittlere Wassermenge von 403·80 Cubikmeter pro Secunde führte. Das Resultat dieser Beobachtungen ergab weiters, dass die Menge des in die Lagune eingetretenen schlammigen Wassers jährlich 2523474432 Cubikmeter betrug. Es wurde gefunden, dass in 1000 Volumen trüben Wassers im Mittel 2·5 Volumen Schlamm enthalten war, demnach beträgt das jährliche Schlammquantum, welches die Brenta im Mittel führt, 6308686 Cubikmeter. Auf Trockenrückstand reducirt, ergibt dieses Schlammquantum ⅓ fester Masse. Diese Reductionszahl ist etwas grösser, als man sie in den Provinzen von Ravenna anzunehmen pflegt, um die Ablagerungen des Lamone zu berechnen. Berücksichtiget man, dass die Sohle des Brentabettes von Stra bis zur Einmündungsstelle in Couche sich während der 4jährigen

Beobachtungsperiode fortwährend gehoben hat, so wird man leicht begreifen, dass die in Stra gemessenen Schlammquantitäten in dem beobachteten Betrage der Lagune nicht zugekommen sind; der Schlammgehalt ist bei gewöhnlichem Mittelwasser auch kleiner, als der mit 2·5‰ Beobachtete. In Erwägung dessen hat daher das königlich technische Regierungsamt in Padua die von der Brenta in einem Jahre in die Lagune abgelagerte, d. i. auf Trockensubstanz berechnete Schlammmenge auf 1·5 Millionen Cubikmeter reducirt. Die Brenta hat demnach an der Mündung bei der Entladung eines Cubikmeters Wasser im Mittel:

$$1500000 : 2523474432 = 0{\cdot}00058 \text{ Cubikmeter}$$

auf Trockenrückstand reducirtes Schlammmateriale, in die Lagune von Chioggia abgegeben.

Die „Commission für die Verbesserung der venetianischen Lagunen und Häfen,“ hat gelegentlich einer, über die Brentaregulirung gemachten Studie, wie aus den betreffenden Acten zu ersehen ist, schon im Jahre 1867 ebenfalls angenommen, dass die Brenta vom Jahre 1840 bis 1858 jährlich im Durchschnitt 1·5 Millionen Cubikmeter trockenen Schlammes in die Lagune deponirt habe.

Die Quellen der Brenta liegen in der Primitivformation, ein Theil des Oberlaufes in der Trias am Südfusse der Alpen, und der Unterlauf in dem Schwemmlande der venetianischen Ebene. Diese Formationen liefern der Brenta das Materiale für ihre Trübungen.

Die in den letzten 4 bis 5 Jahrhunderten vorgenommenen Aenderungen des Brentalaufes sind sehr bewegter Natur; wovon später, bei der Ablenkung der Flüsse aus der Lagune von Venedig noch die Rede sein wird.

Der Taglio Novissimo (wurde dem Niederschlagsgebiet der Brenta zugeschlagen) besteht in einem Einschnitt, welcher am äusseren Rande des südlichen Theiles der Lagune, zur Aufnahme der kleinern Wasseradern des angrenzenden Territoriums der Terraferma dient. Die Republik Venedig entfernte dadurch auch die kleineren schlammigen Wasserläufe welche zwischen der Brenta und dem Musone liegen, aus der Lagune. Der Musone, welcher in den Bergen von Asolo entspringt, mündete ursprünglich bei Bottenico, später bei Mestre in die Lagune und wurde schliesslich durch den Einschnitt Taglio di Murano ebenfalls in den Novissimo eingeleitet. Vor dem Jahre 1840 mündete der Novissimo in einem weiten Bogen längs des Lagunenrandes fliessend, bei Brondolo in das Meer. Im Jahre 1840 wurde derselbe gleichzeitig mit der Brenta bei Fogolana in die Lagune von Chioggia verlegt.

Der Marzenego entspringt in der Ebene von Castelfranco, fliesst über Noale und mündete seinerzeit nach einem sehr kurzen Laufe gegenüber von Venedig in die Lagune. Die Mündung dieses Flüsschens wurde während des bei 500 Jahre andauernden Streites über die Verbannung der Flüsse aus der Lagune, nach Bottenico, dann nach Malghera, nach Mestre, ja sogar in die Lagune von Cona verlegt, je nachdem die eine oder die andere Meinung der streitenden Parteien, Oberhand gewonnen hatte. Gegenwärtig entladet sich der Fluss durch den Einschnitt „Taglio Osellino“ genannt, längs des Lagunenrandes fliessend, in die Lagune von Cona.

Die vereinigten Zero und Dese entspringen in der Ebene zwischen Cittadella und Treviso, sie kreuzen den Terraglio (die alte Strasse zwischen Treviso und Mestre) Ersterer bei Marocco, Letzterer bei Mogliano, fliessen dann gegen Südost, vereinigen sich in der Nähe der Küste und ergiessen sich in der Nähe von Altino in die obere Lagune, wo eben Torcello situirt ist.

Der Sile entspringt in Mitte feuchter Wiesen, in der Ebene von Treviso, fliesst bis Treviso ziemlich schnell, durchschneidet die Stadt und ergoss sich dereinst dort, wo Altino Distrutto steht, in die obere Lagune. In den letzten Jahrhunderten hat dieser Fluss, wie wir sehen werden, viele Correctionen erfahren, schliesslich wurde er in den Taglio dell Sile, am Rande des nördlichsten Theiles der Lagune in das alte Piavebett geleitet, wo er gegenwärtig den grössten Theil des Wassers durch Porto Piave vecchia an das Meer abgibt. Ein Theil des Silewassers fliesst durch den Businello in die obere Lagune.

Die kleinern noch erwähnenswerthen Flüsschen, wie z. B. der Vallio, Meolo, sowie andere kleinere Wasseradern dieses Landstriches, mündeten einst directe in die obere Lagune; gegenwärtig entladen sich dieselben in den Canal Fossella, welcher sich bei Fossalta von der Piave abzweigt, und in der Nähe der Porte Grande vom Silefluss aufgenommen wird.

Der Marzenego, Dese, Zero, Sile, Vallio, Meolo haben ein Gesammt-Niederschlagsgebiet von 9·6 □Myriameter. Mit Hinblick auf die dortigen Regenverhältnisse, beträgt für dieses Abflussgebiet die mittlere Regenhöhe 1·1091$^{\text{met.}}$; daraus resultirt ein mittleres jährliches Niederschlagsquantum 1064736000 Cubikmeter.

Die Piave entspringt in der Nähe von Auronzo in den Alpen; sie hat eine Lauflänge von 210 Kilom., und besitzt ein Niederschlagsgebiet von 46·1 □Myriameter mit einer mittleren Regenhöhe von 1·340$^{\text{met.}}$, so dass diesem Flussgebiet ein mittleres jährliches Niederschlagsquantum

von 6177400000 Cubikmeter zukommt. Ueber die Schlammablagerung des Flusses liegt kein Beobachtungsmateriale vor.

Das Quellengebiet der Piave liegt in der Trias der Alpen; sie fliesst von Belluno abwärts in der Kreideformation, und tritt, nachdem sich davon am Fusse der Alpen früher viele Bewässerungscanäle abzweigen und nachdem sie einige Inseln der Tertiärformation durchschnitten hat, ganz in die venetianische Ebene über.

Die Piave soll einstens bei Seravalle in die Ebene getreten sein. Während einer grossen Ueberschwemmung, deren Zeit nicht bestimmt angegeben werden kann, soll die Piave über Nervesa einen neuen Lauf genommen und sich in der Nähe von Altino in die jetzige Lagune entladen haben.

Bevor noch die Piave in die jetzige Position gedrängt wurde, lag ihre Mündung bei Porto Piave vecchia, früher Porto Jesolo genannt, und der Damm von St. Marco sicherte die Lagune vor den Anschwemmungen dieses Flusses. Da die Mündung der Piave an der Windseite und sehr nahe an Venedig gelegen war, so brachte sie den Häfen dieser Stadt durch die Schlamm- und Sandablagerungen viele Schäden, wesshalb der Fluss im Jahre 1538 aus der Nähe der Lagune verbannt, und durch einen Einschnitt Taglio di Re genannt, bei Porto Cortellazzo in das Meer geleitet wurde. Diese Flussregulirung kostete der Regierung der Republik 800000 Ducaten. Mit diesem Resultate noch nicht zufrieden, drängte die Republik den Fluss sogar in die Lagune von Caorle, wo gegenwärtig die Mündung der Livenza liegt. Eine so unnatürliche Flusstrace schien die Piave für die Dauer nicht vertragen zu haben; sie durchbrach im Jahre 1684 die Dämme und kehrte in der Richtung des Taglio di Re zu der früheren Mündung bei Porto Cortellazzo zurück. Der Fluss hat in früherer Zeit oberhalb des Taglio di Re sehr stark serpentinirt; durch Anlage von Durchstichen wurde im Laufe der Zeit der heutige viel kürzere Flusslauf hergestellt.

Die Livenza entspringt am Fusse der Alpen zwischen Sacile und Osoppo; bei einer Lauflänge von 125 Kilom. einem Niederschlagsgebiet von 29·00 □Myriametern und einer mittleren Niederschlagshöhe von 1·318$^{met.}$ liefert sie ein jährliches Regenquantum von 3822200000 Cubikmeter.

Die Quellen des Flusses liegen in der Trias der Alpen, der grösste Theil des Laufes jedoch ist in dem Schwemmlande der venetianischen Ebene gelegen; schliesslich mündet der Fluss in die Lagune von Caorle.

Der Tagliamento entspringt westlich von Tolmezzo; derselbe hat eine Länge von 165 Kilom.; bei einem Niederschlagsgebiet von

30 □Myriametern, dann einer mittleren jährlichen Regenhöhe von 1·752$^{met.}$ liefert der Fluss ein jährliches Regenquantum von 5257800000 Cubikmetern. Die Quellen des Flusses liegen in den Trias, im Dolomitgebiete der Alpen. Das Querthal zwischen Ponteba und Resiutta, sowie das Thal nach Tolmezzo, geben ein grossartiges Bild der an den dortigen Gesteinen durch die Atmosphäre vollbrachten Verwüstungen. Es ist daher begreiflich, dass der Tagliamento in diesem regenreichen Gebiete riesige Quanten von Verwitterungs- und Zerreibungsproducten verarbeiten, in das Meer mitnehmen, und in seinem Mündungsgebiete zur Landanhäufung beträchtlich beitragen muss.

Zwischen dem Tagliamento und der Isonzomündung befinden sich mehrere kleine Flüsschen, deren Ursprung entweder in der Ebene oder am Fusse der Alpenausläufer situirt ist. Die beträchtlicheren dieser Wasserläufe sind, wie bereits einmal angedeutet, die Stella, Muzzanella, Zellina, der Corno, die Ausa u. s. w. Bei einem Gesammtniederschlagsgebiet von 10·7 □Myriametern, welchem die angegebene mittlere Regenhöhe von 1·579$^{met.}$ entspricht, erhält dieses Abfluss-Gebiet ein Regenquantum von 168953000 Cubikmeter.

Im äussersten Osten des nördlichen Küstenbogens der Adria endlich, mündet der I s o n z o. Bei einer Lauflänge von 120 Kilom., einem Niederschlagsgebiet von 32·2 □Myriametern, und einer mittleren Regenhöhe von 1·430$^{met.}$ kommt diesem Flussgebiet die jährliche Niederschlagsmenge von 4606210000 Cubikmeter zu. Einer seiner bedeutendsten Nebenflüsse ist der Torre.

Die Gesteine dieses Flussgebietes gehören grösstentheils zu der Kreideformation. Der Isonzo führt wie die anderen Flüsse ebenfalls grosse Geschiebs- und Schlammquantitäten, und die Landanhäufungen in seinem Mündungsgebiete in den Lagunen von Grado sind sehr bedeutend. Die Stadt Aquileja, welche jetzt landeinwärts liegt, war einst an der Meeresküste gestanden. Nach den Beobachtungen des Herrn Fregattencapitäns F r e i h e r r n v o n O e s t e r r e i c h e r rücken die Sandbänke, welche sich an der Isonzomündung in Folge der Sedimentablagerungen bilden, sehr rasch vor. Eine Sandbank, bezüglich welcher Messungen aus dem Jahre 1810 vorliegen, ist in 57 Jahren 1700$^{met.}$, also im Jahre durchschnittlich 30$^{met.}$ vorgerückt.

Herr Oberstlieutenant Sonnklar zieht in seinen Grundzügen einer Hyetographie des österreichischen Kaiserstaates (Separatabdruck aus den Mittheilungen der geographischen Gesellschaft IV. Jahrgang 1860) die Hypothese, nach welcher nur die Hälfte, der in derselben Zeit in einem Stromgebiete fallenden Hydrometeore abfliessen sollen (Minard und Hagen

geben die Abflussmengen ungefähr mit 0·58 der gefallenen Regenmenge an), insofern in Zweifel, als er fand, dass bei der Donau ungefähr ¹/₁₀ des jährlich gefallenen Niederschlages durch das Rinnsal abfliessen soll.

Die approximative jährliche Abflussmenge wurde vorher für den Po mit 0·594 und für die Brenta 0·88 des jährlich in dem entsprechenden Flussgebiet gefallenen Niederschlagsquantums gefunden. Wird demnach:

	Die Flusslänge in Kilom.	Das Stromgebiet in □Myriam.	Werth des von der ganzen gefall. Regenmenge durch das Flussrinnsal abfliessenden Wasserquantums
bei der Donau	2655	8108	0·1
Po	600	776	0·594
Brenta	150	29	0·88

verglichen, so ergibt sich, dass je grösser die Flussentwickelung und das Stromgebiet eines Wasserlaufes ist, um so kleiner wird das Wasserquantum, welches von der gefallenen Regenmenge durch die Wasserläufe zum Abfluss gelangt. Die Einwirkung der Verdunstung, des animalischen und vegetabilischen Lebens, der Einfluss der Verwitterung der Gesteine auf das Zurückhalten eines Theiles der gefallenen Regenwassermengen, ist bei der Mannigfaltigkeit der in einem grossen Stromgebiete vorkommenden Bedingungen in den meisten Fällen viel grösser, als bei Flüssen von kurzen Lauflängen und kleinen Abflussgebieten; das Wasser erreicht in dem letzteren Falle das Ziel viel schneller, und ist auf dem Wege von der Quelle bis zur Mündung viel weniger Wechselfällen ausgesetzt. Wenn in einem Gebiete die meteorologischen und geologischen Bedingungen vorhanden sind, so werden kurze Flussläufe verhältnissmässig auch viel mehr Sediment am Meere ablagern, als die Flüsse grosser Stromgebiete, welche auf dem langen Wege von der Quelle bis zum Meere meistens früher schon, sei es im eigenen Bett, oder durch Bodenbewässerung eines grossen Theiles ihrer Sedimente sich entledigen.

Damit die Vorstellung, wie viel feste Stoffe die Flüsse der norditalienischen Ebene zu den Landanhäufungen an den nördlichen Küstenbogen des adriatischen Meeres beiläufig beitragen, einigermassen Gestalt gewinnt, so kann man auf die Basis der soeben erörterten Anhaltspunkte hin noch weitere Schlüsse ziehen.

Die Werthe welche aus den vorherigen Auseinandersetzungen erhalten wurden, berechtigen nach einigen weiteren Erwägungen zur Annahme, dass die Etsch, weil sie zum Theile in einem weniger wasserreichen Gebiete entspringt, ungefähr 0·5, der Bacchiglione hingegen 0·7, der Marzenego, Dese, Zero, Sile, Vallio Meolo etc. wie die Brenta

0·88, die Piave, die Livenza, der Tagliamento, der Isonzo mit dem Torre 0·6, die kleineren Flüsschen: Stella, Muzzanella, Zellina, Ausa u. s. w. mit 0·7, der in dem zugehörigen Niederschlagsgebiete jährlich empfangenen Regenwassermenge an das Meer abgeben.

In einem Cubikmeter des vom Po in seinem Mündungsgebiete in das Meer abfliessenden Wassers wurde wie früher bemerkt, 0·000787 Cubikmeter Schlamm gefunden. Wie bei der Brenta, kann auch in dem vorliegenden Falle angenommen werden, dass sich dieses Schlammvolumen durchschnittlich auf $^1/_3$ Trockenrückstand reducirt, so dass in einem Cubikmeter Po-Wassers im Mündungsgebiete 0·000293 Cubikmeter fester Bestandtheile zur Ablagerung gelangen. Von diesem Anhaltspunkte und dem für die Brenta erhaltenen Resultate mit 0·000594 ausgehend, wird es in Anbetracht des vorliegenden Zweckes und mit Hinblick auf die vorausgeschickten Erörterungen erlaubt sein, für den Po, die Etsch und den Bacchiglione 0·00029, für die Brentra mit 0·00058, für die lagunaren Küstenflüsse von Marzenego an bis zum Vallio, Meole 0·00033, für die Piave, Livenza, den Tagliamento, den Isonzo 0·0004, für die kleineren Flüsschen und zwar die Stella, Muzzanella, Zellina, Ausa u. s. w. 0·00033 Cubikmeter festen, trockenen Sedimentes, welcher in einem Cubikmeter des am Mündungsgebiete entleerten Wassers enthalten ist, anzunehmen. Die Flüsse der norditalienischen Ebene geben daher im jährlichen Mittel, u. z.:

	Cubikmeter
der Po 91319680000 × 0·59 × 0·00029	15624797
die Etsch 14232900000 × 0·5 × 0·00029	2063770
der Bacchiglione 4067200000 × 0·5 × 0·00029	825641
für die Brenta wie früher angegeben	1500000
die lagunaren Flüsse: Marzenego, Dese, Zero, Sile, Vallio Meolo u. s. w. 1064736000 × 0·8 × 0·00033 . .	281090
die Piave 6177400000 × 0·6 × 0·0004	1482576
die Livenza 3822200000 × 0·6 × 0·0004	917328
der Tagliamento 5257800000 × 0·6 × 0·0004	1261872
die Flüsse: Stella, Muzzanella, Zellina, Ausa, der Corno u. a. m. 168953000 × 0·7 × 0·00033	39028
der Isonzo 4606210000 × 0·6 × 0·0004	1105490
Zusammen . .	25101592

Cubikmeter Sediment auf Trockenrückstand berechnet, am Küstenbogen von Triest bis Ravenna an das adriatische Meer ab; davon entfallen 15624797 Cubikmeter auf den Po allein und der Rest von 9476795 Cubikmeter auf die Küstenflüsse von der Etsch bis zum Isonzo. Der Po

häuft daher an seinen Mündungen beinahe doppelt so viel Land an, als es die Küstenflüsse an der Küste zwischen dem Hafen von Fossone bis zu den Lagunen von Grado zu thun vermögen.

C. Die Lagune von Venedig.

Der angeschwemmte Boden der Provinz Venedig besteht aus zwei wesentlich verschiedenen Theilen. Der erste Theil umfasst das trockene von zahlreichen Wasserläufen und Canälen durchzogene Land, — die „Terraferma." — Der zweite Theil, von den Alten „Aestuario veneto" genannt, ist mit Strandseen, dann Sümpfen und Morästen bedeckt, aus welchen unzählige kleine Eilande hervorragen.

Der Boden der Terraferma besteht aus sandigen, thonigen und lehmigen Ablagerungen; bei Mestre, Chioggia, Portogruaro, Caorle u. a. O. kommen Torflager vor. Bemerkenswerth sind auch die dort vielfach auftretenden Carantoschichten. (Caranto auch Caranto marina genannt, ist ein harter Thonmergel, in welchem eine Menge Conchylien von jetzt noch lebenden Gattungen eingeschlossen sind).

„Aestuaria sunt omnia quae mare vicissim tum accedit, tum recedit" lautet bei den Alten die übliche Erklärung solcher Strandseen, welche flache Küsten bedecken und der Herrschaft des Meeres unterworfen sind. Die Strandseen sind an der Meeresseite gewöhnlich durch eine Reihe von Inseln bekränzt und gehen gegen die Terraferma zu, allmälig in Sümpfe und Moräste über. Derartige mit einem Gürtel von Sümpfen und Morästen umgebene, von den Gezeiten des Meeres beeinflusste Strandseen werden in Ober-Italien mit dem Namen Lagunen (von Lago) bezeichnet.

Die an der Meeresküste zwischen Rimini und Triest vorkommenden Lagunen sind das Resultat der Wechselwirkung zwischen den Süsswasser-Flüssen und den Meeresbewegungen. — Die Sedimentablagerungen der Flüsse kommen an der Meeresküste, in ihren landbildenden Bestrebungen, beeinflusst von verschiedenen Strömungen und Gegenströmungen zwischen Flüssen und Meer dort zur Ruhe, wo die combinirten Wasserbewegungen zu einem Minimum werden. — Durch Erhebung solcher Sedimentablagerungen entstehen je nach der Combinationsart der Wasserbewegungen die verschiedensten Formen von Sandbänken und Inseln, welche an den dortigen Küsten den Namen Lido oder „Litorale" führen. Die Lagune von Venedig wird durch eine Reihe solcher Lidi vom offenen Meere getrennt. Sie beginnen beim Hafen von Brondolo mit dem Litorale

Sottomarina, in der Richtung gegen Nord folgt diesem das Litorale Pelestrina, dann das Litorale oder der Lido Malamocco, St. Erasmo, und endlich das Litorale Cavallino. (Siehe Tafel II). Ohne Hinzurechnung der Wasserstrassenbreiten hat diese Inselreihe vom Hafen von Brondolo bis zur Silemündung eine Länge von 46·4 Kilometern.

Die Wasserstrassen, welche die Lidireihe unterbrechen, und das Lagunenbecken von Venedig mit dem offenen Meere verbinden, heissen Porti (Häfen). Diese Unterbrechungen des schmalen Landstreifens führen den Namen Porto di Brondolo als der südlichst gelegene, dann folgt Porto di Chioggia, Porto di Malamocco, Porto di Lido (früher auch Porto St. Nicolo genannt), Porto St. Erasmo, Porto di Treporti, und im Norden endlich der Porto di Piave vecchia (Siehe Taf. II, Taf. III Fig. 1, und Taf. IV Fig. 1). Derlei Wasserstrassen sind keine Häfen (Porti) im eigentlichen Sinne des Wortes, allein sie verdienen diese Bezeichnung insoferne, als sie die Zufahrten zu einem Lagunenbecken bilden, welches durch die eben genannten Lidi geschützt, als ein allen gemeinsamer Hafen aufgefasst werden kann.

Gegen das Festland zu ist die Grenze der Lagune durch eine bestimmte Linie fixirt, welche „Linia di conterminazione" heisst, und der Ausdehnung nach durch 125 gemauerte Pfeiler, capi saldi di conterminazione genannt — bestimmt wird. Die dammartigen Umwallungen am Rande der Lagune heissen „dossi del circondario", und sind das Resultat einer fast fünfhundertjährigen Arbeit, durch welche die Verlandung der Lagune bisher verzögert, die Integrität derselben als Salzsee gewahrt, und der Sumpfboden von der Stadt ferne gehalten werden konnte.

Der ganze Lagunencomplex wird eingetheilt: in die obere, mittlere und untere Lagune. — Der obere Theil umfasst die Lagune von Treporti, zwischen dem Taglio dell Sile, den argine di St. Marco, und den Litorale Pordelio. — Der mittlere Lagunentheil umfasst die Lagune von St. Erasmo, Lido und Malamocco, und der untere Theil gehört der Lagune von Chioggia an. — Jeder der früher erwähnten Porti (Lagunenzufahrten) ist nach der Lagune, in welche derselbe führt, benannt.

An der ganzen Lagune lassen sich zwei wesentlich von einander verschiedene Hauptpartien erkennen, welche unter den Namen „Laguna viva" (lebendige Lagune, auch frischer Strandsee), dann „Laguna morta" (todte Lagune, oder todter Strandsee) bekannt sind.

Die Laguna viva ist die an der Meeresseite gelegene, mehr oder weniger zusammenhängende Wasserfläche des Strandsees, dessen

Boden zur Fluthzeit, bis auf die grösseren bewohnten Inseln fast ganz vom Wasser bedeckt und den Gezeiten des Meeres vollständig unterworfen ist. Zur Ebbezeit treten meistens nur pflanzenlose, sandige, vegetationslose Lagunenbodenpartien zu Tage, welche „Velme“ genannt werden.

Die Laguna morta ist jener der Terraferma zu gelegene Lagunentheil, in welchem auch zur Fluthzeit zahlreiche Eilande über dem Wasserspiegel hervorragen. Die Gezeiten sind kaum wahrnehmbar, zwischen den Eilanden liegen zahlreiche Wassertümpel und fischreiche Salzseen. Dieser Lagunentheil trägt den Character eines Salzwassersumpfes an sich, er ist von einer üppigen Sumpfvegetation bedeckt, und nur bei starken Stürmen und hoher Fluth werden die Gezeiten auch in der todten Lagune fühlbar.

Barenen werden mit Meerespflanzen bewachsene Theile des Lagunenbodens genannt, welche nur bei starken Aequinoctialfluthen vom Wasser bedeckt erscheinen; bei den mittleren Fluthen sind dieselben über dem Wasser noch zu erkennen. Valle sind Salzseen der Lagune, deren Boden sich stets unter Wasser befindet; sie sind dabei sehr fischreich. Palude (Sumpf, Morast) sind Schlammbänke, welche von der Meeresvegetation eingenommen sind.

Die Oberfläche der Lagune beträgt rund 550 □Kilom., davon entfällt auf die:

Lagune	Lag. viva □Kilom.	Lag. morta □Kilom.	Zusam. □Kilom.
von Treporti	64·886244 „	99·521031 „	164·407275 „
„ St.Erasmo	11·157253 „	0·828352 „	11 985605 „
„ Lido	68·938260 „	26·592776 „	95·531036 „
„ Malamocco	68·184333 „	94·492113 „	162·676446 „
Summa in □Kilom.	213·166090 „	221·434272 „	434·600362 „

Der Rest mit 115·399638 □Kilom. entfällt auf die in Verlandung begriffene Lagune von Chioggia.

Wie bereits bemerkt, treten die Gezeiten durch die früher erwähnten Porti in die Lagune; sie bilden das einzige Element welches die Lagune belebt, sie verhindern eine allzurasche Landanhäufung, sie nehmen mit der Rückfluth einen Theil der Sinkstoffe mit ins offene Meer, und sie erhalten in Verein mit den Wellen die Canaltiefen und regeln die dortigen Gesundheitsverhältnisse.

Der Stand des Wasserspiegels der Lagune während der Gezeiten wird durch Pegelablesungen bestimmt. Die characteristische Marke, auf welche alle Ablesungen bezogen werden, liegt in der Ebene der

gewöhnlichen mittleren Fluthhöhe und heisst „Comune alta marea." Der gewöhnliche Stand des Wasserspiegels zur Ebbezeit wird „Comune bassa marea" genannt.

Strömt die steigende Meeresfluth in die Lagune, so müssen jene Wassermassen, welche durch je zwei nebeneinanderliegender „Porti" derselben zufliessen, bei den gegebenen Strömungsrichtungen sich begegnen, und im Lagunenbecken Zonen bilden, wo das Wasser, durch Vermischung der gegeneinander bewegten Wassermoleküle fast stille zu stehen scheint. An solchen Stellen entstehen in Folge dessen Wasserscheiden, welche die natürlichen Trennungslinien zwischen den einzelnen der genannten und durch den zugehörigen Porto gespeisten Lagunentheile bilden. Diese Trennungslinien (Wasserscheiden, partiaqua) sind nicht fix, sie verschieben sich unter dem Einflusse der herrschenden Winde, dann unter dem Einflusse der erhöhten Thätigkeit des einen oder des anderen Porto. Die Wasserscheiden zwischen der Lagune von Malamocco und jener von Lido, dann zwischen der Lagune von Malamocco und jener von Chioggia sind durch die Linien *s s s* . . . und *s' s' s'* in der Taf. II, dann Fig. 1 Taf. III, angedeutet. Eben solche Wasserscheiden existiren zwischen je zwei der andern, durch die zugehörigen Porti gespeisten Lagunentheilen.

Während die continentalen Wasserläufe von der Quelle aus gegen das Meer zufliessen, sich unterwegs verstärken und das Land beleben, findet in der Lagune das Gegentheil statt. Das Wasser der steigenden Meeresfluth tritt durch die verschiedenen Porti in die Lagune, und eilt den Canälen entlang, nach und nach die trockenen Bodenpartien bedeckend, sozusagen thalauf gegen die Wasserscheide zu, wo sich dann die gegeneinander gerichteten Wasserströmungen je zweier Lagunentheile begegnen, und an der Stelle gegenseitig sich abschwächen. Die Geschwindigkeit des bewegten Wasserstromes nimmt von der Eintrittsöffnung (Porto) gegen die Wasserscheide (partiaqua) hin immer mehr ab. Bei der Rückfluth strömt das Wasser, der zwischen je zweien Wasserscheiden gelegenen Laguentheile, wieder einem der dazu gehörigen Porti zu. Dieses Vor- und Zurückfluthen des Wassers erzeugt in der Lagune ein vertieftes, weitverzweigtes, einem Flusssystem ähnliches natürliches Canalnetz, in welchem die Gewässer während der Vor- und Rückfluth sich am lebhaftesten bewegen. In der Taf. II sowie Taf. III Fig. 1 sind die natürliche Canäle durch punktirte Linien angedeutet. — Die Wasserscheiden trennen demnach die Canalnetzauszweigungen je zweier von den dazu gehörigen Porti gespeisten Lagunentheile. Die Meeresgezeiten erzeugen in der Lagune einen Spül- und Schlemmprocess, welcher nicht

nur für die Erhaltung der Schifffahrtscanäle, sondern auch für die Erhaltung der Lagune und des dortigen Gesundheitszustandes den wesentlichsten Factor bildet. Die Grenzlinie der Schifffahrtscanäle der Lagune sind durch Pfähle gekennzeichnet, welche zur Fluthzeit circa einen Meter über dem Wasserspiegel hervorragen. Das Beseitigen dieser Pfähle erhöht die Vertheidigungsfähigkeit der Stadt wesentlich, weil es dem mit der Oertlichkeit nicht genau Vertrauten jedes Orientirungsmittel benimmt, um sich in den seichten Lagunen zurechtzufinden.

Da das Wasser an den lagunaren Wasserscheiden fast stille zu stehen scheint, so ist es begreiflich, dass die Sinkstoffe den Lagunenboden an derlei Stellen am meisten erhöhen, so zwar, dass das Befahren derselben mit Schiffen fast unmöglich wird. Das natürliche Canalnetz zweier Lagunentheile muss daher durch einen in den Boden der Wasserscheide durch Baggerung erhaltenen Canal verbunden werden, wie es z. B. an der Wasserscheide von St. Spirito der Fall ist, damit die schweren Schiffe, welche durch den Hafen von Malamocco in die Lagune einfahren, nach Venedig gelangen können.

Diese Darstellung lässt die grosse Wichtigkeit der Erhaltung der Hafeneinfahrten zur Genüge erkennen. Das Spiel kräftiger Gezeiten allein vermag die Versumpfung der Lagune zu verzögern und die Schifffahrt, eine der Hauptexistenzbedingungen von Venedig aufrecht zu erhalten.

In der Lagune beträgt die Fluthhöhe im Mittel $1·0^{met}$, es kommen aber auch Fluthen mit $0·2^{met.}$ Höhe vor, je nachdem als die Winde die Fluth fördern oder dieselbe von der Lagune ferne halten. Unter den Gezeiten kommen auch extreme Fälle vor, wie z. B. im Jahre 1686, wo die Fluth eine verhältnissmässig sehr grosse Höhe erreicht haben soll Die Fluth vom 15. Jänner 1867 übertraf alle bisher in Venedig bekannten hohen Fluthen. In der Stadt Venedig stieg das Wasser $1·59^{met}$, in Caorle $1·7^{met.}$ über die Ebene der gewöhnlichen Fluth. Der Markusplatz war derart mit Wasser bedeckt, dass er mit Gondeln befahren werden musste. Zwei Drittel der vorhandenen Süsswassercisternen wurden durch die Beimischung des eingeströmten Salzwassers und in den Magazinen und Verkaufsläden eine Menge von Waaren verdorben. Der extremste Fall einer Ebbe wurde mit $1·45^{met.}$ unter der Ebene der mittleren Fluth verzeichnet. Die Differenz der bisher bekannten extremen Fälle zwischen Fluth und Ebbe beträgt daher $3·04^{met.}$

Der Lagunenboden besteht zumeist aus den Schwemmproducten der Flüsse, wie z. B. Schlamm, Sand. Die Schlammschichte hat eine Stärke von 3 bis $9^{met.}$, und ruht auf einer an manchen Stellen sehr

mächtigen und harten Carantoschichte Die lagunare Anschwemmungsschichte reicht sehr tief. Bei der Anlage artesischer Brunnen wurde im Jahre 1847 in Venedig bis auf die Tiefe von 400 Fuss ($126{\cdot}4^{met.}$) gebohrt, und dabei stiess man auf eine Torfschichte, aus Pflanzenresten bestehend, welche heute noch an der Küste des Meeres vorkommen.

Im Lagunengebiete liegen 6 grössere Orte, und zwar: Die Stadt Venedig, Chioggia, Pelestrina, Malamocco, Murano, Burano, mit einer Gesammteinwohnerzahl von 169000 Seelen, wovon 121234 auf die Stadt Venedig entfallen. Aeltere, in bereits versumpften Lagunenpartien liegende Orte sind: Torcello, Altino u. a. m. — gegewärtig traurige Denkmäler einer glanzvollen Vergangenheit. Die Verlandung der Lagune schreitet, obwohl dieser Process durch die Ablenkung der Flüsse bedeutend abgeschwächt wurde, noch immer fort. Die Lagune von Venedig soll nach Zeugnissen der Geschichtsschreiber in der historischen Zeit noch bis zu den Monte Euganei bei Padua gereicht haben. An die jetzt noch bestehende Lagune von Chioggia schloss sich im Süden damals die Lagune von Brondolo an. Wir finden heute an der Stelle festes, trockenes, von Flüssen und Canälen durchzogenes, und durch eine ausgebildete Meeresküste markirtes Land. Die Etsch, der Bacchiglione, die Brenta, welche ihre Sedimentmassen dort ablagerten, haben die bestandene Lagune trocken gelegt.

Die Dogen, welche einst in Torcello, Eraclea u. a. O. m. ihren Sitz hatten, verlegten denselben später nach Malamocco (742 bis 811), übersiedelten dann nach der alten Stadt Rivoalto, wo sich um die Kirche von St. Jacopo die ersten Steinhäuser gruppirten. Aus dem alten Rivoalto entstand der Stadttheil des heutigen Venedig, Rialto genannt.

Die alte Stadt Malamocco, welche noch die letzten Jahre der Existenz der einstigen Seestätte Aquileja, Altino, Concordia u. s. w. gesehen hatte wurde im 12. Jahrhundert durch ein Naturereigniss zerstört. An derselben Stelle entstand später der jetzige bescheidene Marktflecken Malamocco. Diese Andeutungen sollen erinnern, dass die Lidi von den Sturmfluthen des Meeres, und auch von andern, ihre Existenz bedrohenden Einflüssen viel zu leiden hatten. Auch die heutigen Wasserstrassen (Porti), welche die Lidi von einander trennen, müssen vielen Veränderungen unterworfen gewesen sein. Einst bestandene Einfahrten wurden vom Meere geschlossen, und andere durch Sturmfluthen wieder geöffnet. Ein solcher Porto bestand an der Stelle des heutigen Portosecco, welcher sich im Jahre 1390 geschlossen haben soll. (Siehe Taf. II).

Die Venetianer haben die schwächsten Stellen der Lidi, also jene natürlichen Wälle, welche die Lagune gegen die Sturmfluthen des Meeres vertheidigen, durch Pfahlwerke (palafitte) verstärkt. Später wurden

dieselben durch definitive Bauwerke ersetzt. Zu den Letzteren gehören auch die berühmten durch Zendrini erbauten Murazzi. (Im Jahre 1744 begonnen und 1782 vollendet.)

Aus der Situation Fig. 1 Taf. III ist zu ersehen, dass jene Strecken der Litorale Pelestrina und Sottomarina, welche in der Nähe des Hafens von Chioggia liegen, als die Schwächsten, den Meeressturmfluthen am wenigsten zu widerstehen vermögen. Deshalb wurden das Litorale Pelestrina auf die Länge von 4000$^{met.}$ und jenes von Sottomarina auf eine solche von 1267$^{met.}$ durch die Murazzi des Zendrini verstärkt. Die Basis dieser Quadermauern ist an manchen Stellen 13 bis 14$^{met.}$, die Krone 1$^{met.}$ stark, und sie haben eine Höhe von 4·5$^{met.}$ über der mittleren Fluth. Der Fuss derselben ist gegen Wellenschlag durch einen Steinwurf gesichert. Das ganze Werk kostete 10 5 Mill. ital. Lire, oder, der Lire zu 0·4 fl. öst. W. gerechnet, 4·2 Mill. Gulden. Das laufende Meter dieser Murazzi kommt auf 1993·5 Lire oder 797·4 fl. öst. W. zu stehen; sie waren das letzte grosse Werk der einst so mächtigen Königin der Adria. Später wurden die Murazzi nicht weiter fortgesetzt; die unvollkommenen, am Fusse zum Theil durch Steinsockeln, Pfahlwerke oder Steinwürfe geschützten Dämme der übrigen Lidistrecken blieben wie die Steindämme ohne Unterhaltung, die langjährigen politischen Wirren drängten diese Verbesserungsarbeiten, welche die Vertheidigung der Lagune gegen die Meeressturmfluthen bezwecken, in den Hintergrund.

Im December 1825 war der venetianische Golf von starken Stürmen durchwühlt, das empörte Meer zerstörte die alten Dämme von Pelestrina und Malamocco, beschädigte die Murazzi, und drang in die Lagune, mit grosser Wucht sogar bis Venedig vor. Grosse Schäden bezeichneten den Weg, welchen die erregten Meeresfluthen nahmen. — Nach dieser Katastrophe ging man wieder daran, die zerstörten Dämme auszubessern und sie zu verstärken. An der Küste von Malamocca wurde die Dammstärke an der Basis von 13·5 auf 22·5$^{met.}$ erhöht. Die Kronenstärke dieser Dämme beträgt im Mittel 4$^{met.}$, die Höhe derselben 4·5$^{met.}$ An der Meeresseite sind sie unter 9^0, an der Lagunenseite unter 45^0 geböscht. Der Dammkern besteht aus Lagunenschlamm. An der Meeresseite ist die Dammböschung durch einen in guten Verband gebrachten starken Steinbelag gesichert, welcher, damit das leichte Dammmateriale nicht ausgeschwemmt wird, auf einer Schotterschichte aufruht. Der Dammfuss ist an der Meeresseite durch Pfahlwerke geschützt, und der Strand auf eine grosse Breite mit einem Steinwurf bedeckt. Die Sicherung der Erddämme von Pelestrina und Sottomarina geschah durch aus Quadern, hergestellte Mauersokel mit einer gehörigen Steinwurfvorlage.

II. Landseitige Verlandung der Lagune von Venedig.

In der lagunaren Lage hat Venedig fast das Ansehen, als wären die stylisirten Massen der vielen monumentalen Bauwerke aus dem Meere emporgestiegen. Als die kleine Colonie von Venetern vor 15 Jahrhunderten die Longobarden fliehend, in der Lagune eine neue Heimat suchte, und dort die ersten Fischerhütten erbaute, da dachte, bei den damaligen örtlichen Verhältnissen wohl kaum Jemand, dass die unscheinbaren Hütten durch stolze Paläste verdrängt werden, und dass aus den einfachen Fischerbarken eine Flotte kriegstüchtiger Schiffe hervorgehen werde, welche die bekannte Machtstellung der Republik, sowohl im Orient wie Occident zu begründen mithalfen.

Die Position der Stadt ist derart, dass sie sowohl im Norden wie im Westen und Süden durch einen breiten Gürtel von Lagunen und Sümpfen, im Osten hingegen durch das offene Meer geschützt, jedem feindlichen Ueberfall trotzen kann. Andererseits bot das Lagunenbecken den Handelsschiffen nach dem weiten Wege vom Orient eine sichere Zuflucht; und es schien damals fast, als wäre Venedigs Glanz und Macht vor dem Schicksale der übrigen Geschwisterstädte am Gestade der Adria gefeit.

Die mächtige Republik verstand es, sich gegen viele Feinde zu vertheidigen und sie zu besiegen, sie hat sich viele Länder dienstbar gemacht; allein bei allen dem vermochte sie den Continuitätswirkungen der Naturkräfte in keiner Weise Stand zu halten. Dasjenige Element, in welchem die Stadt mit all' dem warmen und reichen Leben, mit all' der Fülle von Kraft geboren wurde, dasselbe Element bereitet langsam aber sicher jenes Schlammgrab vor, in welchem der vergangene Glanz ganz erlöschen und der wunderbare Zauber aller Märchen verklingen sollte.

Zwischen zwei mächtigen Gewalten eingezwängt, führt Venedig um den Preis der Existenz, fast ein Jahrtausend schon, mit den Naturkräften einen rastlosen Kampf. Im Norden, Westen und Süden sind es einerseits die lagunaren Küstenflüsse, welche vermöge der Landanhäufungen von der Terraferma aus, die Lagune zu versumpfen drohen; im Osten andererseits ist es das offene Meer, welches die Verbindungswege zwischen der Stadt in der Lagune an der Meerseite durch Anhägerungen verschliessen und zerstören will. Die Schliessung der Porti macht einerseits die Schifffahrt, eine Hauptexistenzbedingung Venedigs, unmöglich, und wird die Lagune andererseits durch die Gezeiten nicht mehr belebt, dann versumpft dieselbe und in der Malaria ist die Existenz einer so grossen Anzahl von Menschen nicht leicht zu denken möglich.

Die Gefahren, welche die Stadt bedrohen, hat die Regierung der Republik schon sehr zeitlich erkannt, und hat seinerzeit nichts unterlassen, um dieselben abzuschwächen oder sie wo es möglich war zu unterdrücken. Keine Opfer wurden gescheut, um die Versumpfung der Lagune zu verzögern. Diese mühevollen und grossartigen Arbeiten welche zur Erreichung dieser Zwecke nöthig wurden, sind ein grosses Vermächtniss aus der Glanzperiode der Republik an die heutigen Bewohner der Stadt, welchen die Wohlthaten dieser Anlagen eigentlich zu Gute kommen. Hätte man damals, wie es heute vorzukommen pflegt, nach Amortisationsterminen gearbeitet, so wäre das heutige Venedig schon längst versumpft und versandet.

Die Mittel, durch welche die Erhaltung der Lagune angestrebt wird, sind zweierlei Art:

1. Die Wahrung der Integrität der Lagune durch Verbannung der Mündungen der schlammreichen Flüsse der Terraferma aus der Lagune nach dem offenen Meere.

2. Die Aufrechterhaltung der Wasserverbindungen (Porti) zwischen der Lagune viva und dem offenen Meere, die Verhütung von Anhägerungen, durch Anwendung von künstlichen oder natürlichen Spülungen; und um den Schiffverkehr möglich zu machen, werden die Canäle wo es nöthig ist ausgebaggert.

Eine vollständige Lösung des Problems, die Versandung der Lagune von Venedig aufzuhalten, existirt nicht; ebensowenig wird es bei der gegenwärtigen Sachlage leicht sein, jene Zeit genau anzugeben, in welcher die Stadt, dem dort thätigen Umbildungsprocesse gänzlich unterlegen sein wird. Nur mit dem Aufgebote des ganzen menschlichen Wissens wird es möglich, die local thätigen Naturkräfte abzuschwächen und sie durch entsprechende Bauten, in solche Bahnen zu lenken, dass sie auf den gegenwärtigen Zustand der Lagune erhaltend einwirken können; allein oft machen die schwerwiegenden Factoren des Interessenkampfes die Erreichung dieser Ziele, und die Durchführung zweckentsprechender Projecte fast unmöglich. Es ist zumeist in dem Gefühle des Selbsterhaltungstriebes gelegen, dass die Wünsche der Bewohner der Terraferma mit jenen der Stadt Venedig in vielen Beziehungen seit Jahrhunderten schon divergiren. Und wie überall im Leben, ebenso standen vielleicht seitdem die Stadt besteht, der einheitlichen Durchführung grosser, die Erhaltung der Stadt abzielenden Plänen, die buntfärbigsten Privatinteressen gegenüber. Es kämpfte zielbewusste Ränkesucht durch wohlhabende Laien geschürt, gegen die besten Bestrebungen der ihrem Berufe interesselos ergebenen Fachmänner.

Bald siegten die einen, bald die anderen, und unter solchem Antithesenspiel versumpfte die energische Inangriffnahme von einheitlichen Dispositionsplänen in dem Lagunenschlamm der Systemlosigkeit.

Als in Venedig der erste Gedanke, die Flüsse aus der Lagune zu verbannen, Gestalt anzunehmen begann, da waren die Provinzen der Terraferma weit über die Grenze des Lagunengebietes hinaus der Republik unterthan. Der Regierung, welche den Sitz eben in Venedig inne hatte, war es begreiflicherweise besonders daran gelegen, alle Arbeiten, welche die Erhaltung der Stadt begünstigten, zu fördern, und vor allem jenen Verlandungsgefahren, welche die Lagune an der Landseite bedrohen, durch die Herstellung einer neuen hydraulischen Ordnung in den continentalen Fluss- und Canalnetzen die Stirne zu bieten.

Die dortigen Küstenflüsse konnten nur nach zwei Richtungen entweder nach dem südlichen, bei Brondolo gelegenen Küstenstriche, oder nach Norden in das jetzige Mündungsgebiet der Piave, aus der Lagune verdrängt werden. In den letzten fünf Jahrhunderten gruppirten sich die Verdrängungsrichtungen der Flüsse derart, dass man die Brenta, den Novissimo und die kleinern Wasserläufe bis zum Musone hin, nach Süden, den Marzenego, Dese, Zero, Sile, Vallio, Meolo, die Piave und die kleinern dazwischen liegenden Wasserläufe hingegen nach Norden abzulenken sich bemühte; so zwar, dass die Scheidelinie, welche das eigentliche Feld der Ablenkungsrichtungen beider Flussgruppen trennt, gegenwärtig zwischen dem Musone und dem Marzenego zu suchen ist.

A. Ablenkung der ersten Flussgruppe (Brenta, Novissimo etc.) aus der Lagune.

Die Experimente mit den Verdrängungen der Flüsse aus den Lagunen haben schon sehr früh begonnen; vor allem waren es die der Stadt Venedig zunächst liegende Brenta und der Marzenego, welche von den Stadtbewohnern zuerst mit grossem Misstrauen beobachtet wurden. Die schlammreiche Brenta floss damals in dem heute noch bestehenden Bett „Brenta morta“ genannt, zwischen Bottenico und Fusina in die mittlere Lagune; ältere Mündungsarme dieses Flusses sollen seinerzeit sogar bei Malghera und Campalto gelegen gewesen sein.

Die ersten ernstlichen Vorkehrungen waren gegen die Verlandungen der Brenta und des Marzenego gerichtet, sie begannen eigentlich schon im Jahre 1310. Damit die trüben Wasser dieser Flüsse sich nicht mehr gegenüber der Stadt entladen, befahl die damalige Regierung

der Republik, dass dieselben in entfernter gelegene Lagunentheile abgelenkt werden sollen, zu welchem Zwecke an der Küste ein Damm (wahrscheinlich im Jahre 1324 beendet), dessen Reste heute noch sichtbar sind, — querüber aufgeworfen wurde. Dieser Damm gab vielleicht die erste Idee zur Ausführung des noch gegenwärtig bestehenden Begrenzungsdammes der Lagune (argine de conterminazione), welcher mit der Zeit auf der ganzen Ausdehnung des Lagunenrandes angelegt wurde. Der weitere Ausbau des Dammes zwischen Fusina und Bottenico scheint mittlerweile sistirt gewesen, dann aber wieder aufgenommen worden zu sein, und im Jahre 1339 wird sogar von einer Erhöhung und Befestigung desselben berichtet. Diese Massregel war, wie wir sehen werden, nicht geeignet, die trüben Hochwasser der Flüsse derart abzulenken, dass sie bei dem Verluste des kürzesten Abflussweges keine bedeutenden Nachtheile mehr bringen konnten. Das Land der angrenzenden Districte der Terraferma litt in Folge dessen immer durch Wasserstauungen; es war sehr oft überschwemmt, und es scheint, dass die Bewohner der Terraferma in der Zeit die Dämme manchmal sogar gewaltsam durchbrochen haben müssen, weil ein Gesetz der Republik aus dem Jahre 1371 anordnet, die Dammöffnungen wieder sogleich zu verschliessen.

Im Jahre 1397 wurden die Dämme durch die hinter denselben gestaute Hochwassermasse zu wiederholtenmalen durchbrochen, die entstandenen Dammrisse wurden aber alsbald wieder ausgebessert. Die Ueberschwemmungen des flachen Landes, sowie die Bodenversumpfungen nahmen, da die Dämme den natürlichen Wasserabfluss verhinderten, immer mehr zu, und nachdem unter solchen Umständen die Klagen der davon betroffenen Bewohner kein Ende nehmen wollten, so musste die Regierung im Jahre 1840 sich entschliessen, die Dämme behufs Entwässerung der benachtheiligten Districte zu öffnen. Als jedoch im Jahre 1431 und 1447 in Venedig epidemische Fieber ausbrachen, suchten die Stadtbewohner die Ursache dieser Krankheiten auf das schlammige Wasser der gegenüber der Stadt mündenden Flüsse zurückzuführen, und sie verlangten deshalb sehr energisch die sofortige Schliessung der vor kurzem erst angebrachten Dammöffnungen, was auch sogleich ausgeführt wurde.

Nachdem die Dämme geschlossen waren, stellten sich an der Terraferma alle die alten Uebelstände wieder ein. Während diesen Experimenten, wurde mittlerweile auch der Brentaarm, welcher sich bei Fusina in die Lagune von Venedig ergoss, nach Malamocco abgeleitet; im Jahre 1437 wurde derselbe in das alte Bett zurück, und das folgende Jahr abermals nach Malamocco verlegt. Zur Beruhigung der Bewohner

der Terraferma wurde um diese Zeit auch an den übrigen, zwischen Fusina und Malghera liegenden Wasserläufen viel herumexperimentirt; zur Ausführung definitiver, fachmännisch begutachteter Projecte kam es damals nicht. Im Jahre 1501 wurde in Venedig der feste Entschluss gefasst, die Brenta, welche seinerzeit bei Fusina floss, in der Lagune von Malamocco ganz zu belassen; andererseits hatte man, da die Verlandungen der Lagune in der Nähe von Venedig immer fühlbarer wurden, auch angestrebt, den Marzenego, den Dese und den Zero nach der nordöstlich davon gelegenen Lagune von Cona zu verdrängen. Die Verlängerung der Flusstracen musste mit den Flussmündungsverlegungen selbstverständlich gleichen Schritt halten, es steigerten sich in der Folge bei der zunehmenden Gefällsverminderung der Flüsse, die Uebelstände an der Terraferma zusehends. — Trotzdem die Republik sehr oft in langwierige Kriege verwickelt war, so scheute sie zwischen dem 14. und 18. Jahrhunderte keine Mühen, die Arbeiten der Verdrängung der Flussmündungen aus den, der Stadt zunächst liegenden Lagunentheilen, trotz aller Proteste der davon oft hart betroffenen Bewohner der Terraferma selbst dann durchzuführen, wenn bei dem planlosen Vorgehen, die Durchführung der Arbeiten das Doppelte an Geld und andern Opfern kostete.

Kaum war die Brenta vom alten Flussbette sich bei Dolo abzweigend, über Lova in die Lagune von Malamocco definitiv eingeleitet, so fand man, dass sie sowohl dem Hafen von Malamocco, als auch der Stadt Venedig in dieser Position ebenfalls durch ihre Anschwemmungen gefährlich werden müsse. Die Brenta wurde mit Rücksicht auf die gegebene Sachlage, nachdem sie vorerst bei Conche in der Lagune von Chioggia situirt gewesen war, und weil sie dort die Stadt Chioggia zu versumpfen drohte, im Jahr 1610 schliesslich ganz aus der Lagune nach dem Hafen von Brondolo entfernt. Als die Mündung der Brenta noch in der Lagune von Malamocco gelegen war, soll dieser Fluss mit dem Bacchiglione vereiniget gewesen sein. Später jedoch, als man dieselbe ganz aus der Lagune verbannte, wurde die Brenta vom Bacchiglione getrennt, für die erstere ein separates Bett unter dem Namen Brentone ausgehoben; einige Kilometer vor der Einmündung vereinigte der bestandene Brentone sich mit dem Bacchiglione wieder, und beide gingen bis zum Jahre 1840 durch den Hafen von Brondolo gemeinsam in das Meer.

Vergleicht man die beiläufige Länge der alten Brentaflusstrace Dolo-Fusina mit 17·5 Kilom. mit jener, der durch die Flussverlegungen nothwendig gewordenen Entwicklung derselben Flusstrace Dolo-Conche-Brondolo mit beiläufig 40 Kilom., so resultirt daraus eine Brentalaufs-

verlängerung von 22·5 Kilom. Bei einer solchen Entwicklung des Flusses über Dolo-Conche-Brondolo, bei dem geringen Flussgefälle, bei dem Charakter des schlammigen Wassers, welches durch das ausgeschiedene Sediment zur Hebung der Flusssohle sehr viel beiträgt, mussten in den angrenzenden Districten trotz der vorhandenen Eindämmungen, mit der Zeit die grossen Uebelstände der Ueberschwemmungen, der Dammbrüche und der Bodenversumpfungen, wie man hört, wieder zunehmen.

Durch den Fehler der Vereinigung der Brenta mit dem Bacchiglione, welche einige Kilometer oberhalb der Einmündung stattfand, übertrugen sich diese Uebelstände auch auf entferntere Districte. Der Bacchiglione war gezwungen die Flusslaufverhältnisse von der Vereinigungsstelle flussaufwärts der starken schlammigen Brenta unterzuordnen, daher scheinen die Klagen über Wasserschäden, welche in den, vom Bacchiglione durchflossenen Districten damals vorkamen, sehr begründet zu sein. Im Jahre 1777 konnte mit Recht behauptet werden, dass die Brenta der schlechtregulirteste Fluss der ganzen Provinz sei.

Die Consequenzen, welche diese Flussablenkungen hervorbrachten, stellten sich auch sehr bald ein. Schon vom Jahre 1741 an, sind sehr denkwürdige Dammbrüche verzeichnet; und in den Jahren 1807 und 1827 erneuerten sich dieselben mit besonderer Kraft. Vom Jahre 1816 bis 1839 zählte man zwanzig solcher Dammbrüche, bis jener vom Jahre 1839 vermöge seines verheerenden Charakters schliesslich doch zum Nachdenken zwang.

In gleichem Masse als in Venedig auf die Verbannung der Flüsse aus der Lagune hingearbeitet wurde, nahm die Unzufriedenheit an der Terraferma zu, so dass man Ende des 18. Jahrhunderts die Frage ernstlich ventilirte, auf welche Weise den üblen Consequenzen der schlechtregulirten Flüsse am besten zu steuern wäre.

Unter den vielen seinerzeit aufgetauchten Brentaregulirungsprojecten ist das vom Advokaten Artico vertretene besonders hervorzuheben, weil es die Basis bildet, von welcher aus alle später am Brentalaufe vorgenommen Veränderungen verwirklicht wurden. Artico schlug vor, dem Elende an der Terraferma durch die Abkürzung des Brentalaufes derart entgegenzutreten, dass die neue Flusstrace bei Fossa Lovara abzuzweigen, und den kürzesten Weg über Vigonove nehmend, bei Corte in den alten Flusslauf einzumünden habe. Der Durchstich Fossa-Lovara-Corte würde, gegenüber der bestandenen alten Flussstrecke, eine Abkürzung der Brenta von 8 Kilom. veranlasst haben.

Am 20. December 1792 erhielt dieses Project die Genehmigung der damaligen Regierung von Venedig. Leider konnte dasselbe aus dem

Grunde nicht in Angriff genommen werden, weil die damaligen politischen Wirren alle Wasserbaufragen der Provinz in den Hintergrund drängten. Im Jahre 1807 wurde dasselbe Project vom Kaiser Napoleon I. bei seiner Anwesenheit in Venedig wieder genehmiget, allein der bevorstehende Krieg mit Russland vereitelte die Ausführung des eben entwickelten Projectes abermals. Erst nach einer neuerlichen Genehmigung des Projectes durch Kaiser Franz I. von Oesterreich wurde im Jahre 1817 mit dem Aushube des projectirten Durchstiches Fossa-Lovara-Corte wirklich begonnen. General Schemerl stellte die begonnenen Arbeiten bei Gelegenheit einer Inspection des Lagunengebietes wieder ein und die Regulirungsfrage verlief vorläufig in höchst langwierigen Discussionen.

Im Jahre 1829 liess sich Kaiser Franz I. von Oesterreich diese Regulirungsfrage durch den toskanischen Minister Grafen Fossombroni abermals vortragen, und im Jahre 1836 wurde vom Grafen Fossombroni in Verein mit dem bekannten Ingenieur Paleocapa, ein neues, die Brentaregulirungsfrage behandelndes Project ausgearbeitet und der damaligen Regierung vorgelegt.

Graf Fossombroni acceptirte in seinem Projecte die vom Artico vorgeschlagene, später durch geringfügige Aenderungen modificirte Flusstrace Fossa-Lovara-Corte, welche er jedoch in der Nähe von Stra vom alten Bette abzweigen liess. Damit die Gefällsverhältnisse des Flusses sich besonders günstig gestalten, erweiterte derselbe das vorliegende Project dahin, dass die Brentamündung, sowie jene des Novissimo, und zwar die erstere bei Conche, die letztere hingegen bei Fogolana in die Lagune von Chioggia, wo sie schon seinerzeit situirt war, zu verlegen seien. Der Fluss würde dadurch nicht nur um die Strecke Conche-Brondolo abgekürzt, sondern auch vom Bacchiglione getrennt worden sein.

Am 10. November 1839 durchbrach ein bedeutendes Hochwasser der Brenta einige Kilometer unterhalb Dolo die eigenen Dämme, und überschwemmte und verwüstete das Land fast bis Padua hin. Diese Katastrophe schloss endlich die fast 100jährigen Verhandlungen und Dispute in der Brentaregulirungsfrage. Der damalige Vice-König, welcher an der Unglücksstelle gegenwärtig war, genehmigte durch Decret vom 15. December 1839 auf Anrathen des bekannten Paleocapa das Project des Grafen Fossombroni. Der erste Theil des Projectes, die Artico'sche Flusstrace, wurde mit einigen kleinen Modificationen angenommen, und die Ausführung des 2. Theiles desselben Projectes, nämlich die Verlegung des Novissimo und der Brenta in die Lagune von Chioggia jedoch sogleich anbefohlen. In dem citirten vicoköniglichen Decret heisst

es: „Dass die Verlegung der beiden Flüsse in die Lagune vorderhand als einstweiliges Experiment zu betrachten sei, und damit ein zu rascher Fortschritt der Brenta-Anlandungen in der Lagune verhindert werde, sollen vorerst die im Mündungsgebiete dieser Wasserläufe liegenden Tümpel und grösseren Wasserbecken der todten Lagune ausgefüllt werden, damit das schlammige Wasser in diesen Klärungsbassins vom Sediment sich befreien, und gereiniget in die lebendige Lagune abfliessen könne."

Der 2. Theil des Fossombronischen Projectes wurde schon im Jahre 1840 verwirklicht, und die Mündung des Novissimo wie jene der Brenta dorthin, wo sie sich auch gegenwärtig noch befinden, in die Lagune von Chioggia verlegt, während der Bacchiglione, am Unterlaufe auch Pontelungocanal genannt, durch einen Einschnitt (siehe Fig. 1, Taf. III) mit dem verlassenen Brentabett verbunden und dort zum Abfluss gebracht wurde. Nach Beendigung dieser Arbeit schritt man zur Ausführung des ersten Projecttheiles — nämlich zur Herstellung des Brentadurchstiches Fossa-Lovara-Vigonovo-Corte, welcher im Jahre 1842 die kaiserliche Sanction erhalten hatte.

Im Jahre 1858 nahm endlich die Brenta zum erstenmale den Weg in dem neuvollendeten, mit Dämmen versehenen Durchstiche Strà-Corte, um in das Mündungsgebiet der Lagune von Chioggia abzufliessen.*)

Während der Zeit, als man auf der unteren Flussstrecke Strà-Conche arbeitete, wurde auch die Brenta von Strà nach Limena mit Durchstichen verbessert.

Vor dem Jahre 1840 betrug die Länge der alten Brentatrace Limena-Strà-Dolo-Corte 43·187 Kilom.; nach dem Jahre 1858 war die Länge der regulirten Trace Limena-Strà-Vigonovo-Corte 29·512 Kilom. Die Abkürzung dieser Flussstrecke beträgt daher 13·675 Kilom. Die Abkürzung der alten Flusstrace Corte-Calcinari-Brondolo gegenüber der neuen Flusstrace Corte-Conche-Lagune von Chioggia beträgt 17 Kilom. Auf der betrachteten Flussstrecke ist der Brentalauf bis zum Jahre 1858 daher um 30·67 Kilom. kürzer geworden.

Schon im Jahre 1579 hatte die Regierung der Republik mit Festhaltung des alten Grundsatzes: „Gran laguna fa gran porto" (Grosse Lagune macht grossen Hafen), ein Gesetz erlassen, nach welchem in allen wasserbaulichen Anordnungen das Bestreben stets dahin gerichtet sein

*) Die Besprechung der durch diese Regulirung bei den Schiffahrts- und Bewässerungscanälen nothwendig gewordenen Wasserbauten, sowie der Schleussenanlagen, welche der neuen hydraulichen Ordnung dieses Wassernetzes entsprechen, wird seinerzeit separat behandelt werden.

soll, die Lagune möglichst gross zu erhalten, weil sie nicht nur gute Häfen schafft, sondern auch die Vertheidigungsfähigkeit der Stadt an der Landseite bedeutend erhöht. Aus dem Grunde wurde angeordnet, dass auch die kleineren Wasserläufe aus der Lagune entfernt werden sollten. Vor allem suchte man jenen Theil des schlammigen Brentawassers abzufangen, welcher von Dolo weg im alten Brentabett nach Fusina floss, und den Zweck hatte, einige schiffbare Canäle zu speisen. Im Jahre 1582 wurde weiters vorgeschlagen, die Wasserläufe, welche zwischen dem Musone und der Brenta situirt sind, abzuschneiden, und das Wasser derselben in einem an dem Rande der Lagune angelegten Einschnitte nach dem Hafen von Brondolo abzuleiten. Nach langen Erwägungen wurde das Project eines solchen Einschnittes im Jahre 1602 von der Republik genehmigt, 10 Jahre darauf vollendet, und derselbe mit dem Namen „Novissimo“ benannt.

Der Taglio Novissimo hatte ursprünglich eine Länge von 37·84 Kilometern und ist gegenwärtig bei einer mittleren Breite von 12$^{\text{met.}}$ 22·1 Kilometer lang. Ausser dem Musone, welcher in einem zwischen Mirano und Mira im 17. Jahrhunderte angelegten Einschnitte: „Taglio di Mirano“ genannt und bei Mira in den Novissimo eingeleitet wurde, nimmt der letztere noch viele kleinere Wasserläufe auf. Die vereinigten Einschnitte nehmen sämmtliche zwischen dem Musone und der Brenta situirten kleineren Wasseradern der Terraferma auf, und lassen einen directen Ablauf des Wassers in die Lagune nicht zu.

Seit dem Jahre 1840 mündet, wie bereits bemerkt, der Novissimo nicht mehr bei Brondolo, sondern bei Fogolana in die Lagune von Chioggia. Bezüglich der Veränderungen am Novissimo während seines Bestehens wäre nicht viel zu bemerken. Als früher die Brenta noch über Dolo floss, erhielt der Novissimo von dort aus durch das alte Brentabett circa 16 Cubikmeter Wasser in der Secunde. Die Schlammablagerungen, welche im Bette vorkamen, wurden früher immer ausgeräumt. Als die Brenta bei Strà im Jahre 1858 in den neuen Durchstich geleitet wurde, legte man zwischen Strà, Dolo und Mira Schifffahrtscanäle an. Der Novissimo führt wenig schlammiges Wasser; ausser einigen Dammbrüchen welche in den Jahren 1650 und 1657 vorkamen, hörte man davon wenig; bei der Wasserarmuth brauchte es nicht viel, um den Wasserlauf dauernd zu bändigen. In welcher Weise der Novissimo ursprünglich angelegt wurde, ist nicht genau bekannt.

Aus dem bisher Gesagten ist zu ersehen, dass die Brenta und der Novissimo, also die erste Gruppe der lagunaren Flüsse, aus dem südlich gelegenen Lagunentheile anfänglich nach Brondolo verbannt,

und dass sie im Jahre 1840 wieder in die Lagune von Chioggia eingeleitet wurden. Die Verlegung dieser Flüsse, welche Arbeit von einem heftigen Interessenkampfe zwischen der Stadt Venedig und den Bewohnern der Terraferma begleitet war, dauerte fast 500 Jahre. Als die alten Flussverlegungen ausgeführt wurden, da war Venedig die reiche Hauptstadt einer mächtigen Republik, welche über ausgedehnte Provinzen regierte, zum Unterschiede von der Gegenwart, wo die Lagunenstadt zur Provinzialhauptstadt eines mächtigen Königreiches geworden ist!

Die Brenta und der Novissimo, welche seit dem Jahre 1840 in die Lagune einmünden, bedrohen vermöge der rapid fortschreitenden Verlandung der dortigen Lagune, jetzt schon die Existenz der Stadt Chioggia, und bei der Sachlage verlangen die Bewohner derselben in eindringlichen Vorstellungen und in begründeten Klagen, dass die Brenta abermals aus der Lagune von Chioggia in das alte Mündungsgebiet bei Brondolo verbannt werden möge.

Dem Grafen Fossombroni konnte damals, als er in seinem Projecte für die Verlegung der Brenta und des Novissimo in die untere Lagune eintrat, es nicht entgehen, dass der Stadt Chioggia dadurch grosse Nachtheile erwachsen würden; allein er hatte nur zwischen zwei Uebeln zu wählen — nämlich der Verlandung der Lagune von Chioggia, oder dem Bestehenlassen der Uebelstände an der Terraferma. Unter dem Eindrucke der bekannten Durchbruchs-Katastrophe vom Jahre 1839 bei Dolo, entschied man sich sofort, den Uebelständen an der Terraferma durch Verlegung der Brenta in die Lagune von Chioggia zu begegnen. Für die Bewohner der Terraferma war das Fossombronische Project von grossem Nutzen, allein der Stadt Chioggia musste dasselbe entschieden Nachtheile mit sich bringen.

Als im Jahre 1858 der Durchstich Strà-Corte eröffnet wurde, war von Limena aufwärts eine Austiefung des Flussbettes bemerkbar. Oberhalb der Schleusse von Limena hat sich das Brentaflussbett bis Tremignon in Folge der zwischen Limena und Strà mit Durchstichen vorgenommenen Flussabkürzungen in der Zeit von 1861 bis 1869 innerhalb der Werthe von 0·62 bis 1·0$^{\text{met.}}$ vertieft. Hingegen beobachtete man, dass später, namentlich aber seit dem Jahre 1864, also 5 Jahre nach der Durchstichseröffnung, sich dasselbe Flussbett bei Strà um 0·25 und bei Calcinara um 1·15$^{\text{met.}}$ über der von Paleocapa theoretisch festgestellten Flusssohle gehoben habe, weshalb der Hochwässer wegen auf dieser Flussstrecke, auch die Dämme aufgeholt werden mussten. Das Brentabett wird auch in der Zukunft fortfahren zwischen Strà und Conche sich zu heben, von Strà aufwärts bis zu einer gewissen Grenze

sich zu vertiefen, trotzdem das Wasser des Flusses in der Lagune sich ungehindert nach jeder Richtung frei ausbreiten und den Schlamm ablagern kann. Die Erhebung der Flusssohle zwischen Strà und Conche steht im innigsten Zusammenhange mit der Hebung und dem Anwachsen des Brentadeltas in der Lagune. Der regulirte Fluss, welcher anfänglich im eigenen Bett einen gewissen Gleichgewichtszustand zwischen Profil und Gefälle herzustellen suchte, wird durch das rapid anwachsende Delta in der Lagune, durch die grossen Schlammablagerungen, darin jedenfalls beeinflusst. Je nachdem das Flussdelta bisher langsam oder schnell vorschritt, modificirten sich auch die Materialablagerungen, welche in der, am Delta anstossenden Flussstrecke vorkommen. Als die Brenta im Jahre 1840 in die Lagune verlegt wurde, erfolgte die Ausbreitung des Deltas und die damit verbundene Hebung des trockenen Lagunen-Bodens ziemlich rasch, weil die Configuration des Grundes der todten Lagune, die seichten Wasserbecken und die vielen fertigen Eilande den Verlandungsprocess sehr unterstützten. Wird hingegen das Delta einmal bis zur lebendigen Lagune vorgeschoben sein, dann dürfte wegen der dort herrschenden grösseren Wassertiefe das Fortschreiten des Schwemmlandes und der damit verbundenen Hebung und Trockenlegung des Lagunenbodens sich sehr verlangsamen.

Ausser den gewöhnlichen Schlammmassen, welche von den Hochwässern herrühren, erhielt die Brenta noch weitere Beiträge, welche von der Flussbettaustiefung von Strà aufwärts, oder von Uferbrüchen der neu eröffneten Durchstichstrecken herrührten. Diese Materialien mögen zur Hebung der Flusssohle Strà-Conche auch beigetragen, und die Deltabildung in der Lagune etwas beschleuniget haben. Zudem belehrt uns der hyetographische und hydrographische Theil dieser Schrift, dass die Lage der Quellen des Brentalaufes in den Gesteinen, welche die Alpen dort zusammensetzen, eine derartige ist, dass die grosse Verlandungscapacität des Flusses begreiflich erscheint.

Aus den Acten der „Commission zur Verbesserung der Hafen und Lagunen Venedigs“ (Comissione Reale pel miglioramento delle Lagune e Porti Veneti) geht hervor, dass die Brenta von 1840 an, in der Periode von 27 Jahren, 31 Millionen, das ist im Durchschnitt 1·7 Millionen Cubikmeter Schlammmaterial jährlich (auf Trockenrückstand reducirt) in der Lagune von Chioggia abgelagert habe. Dieses Material rührte höchstens mit $^1/_{20}$ von der Austiefung und Ausbildung des Flussbettes neuer Flussstrecken her, $^{19}/_{20}$ brachte der Fluss aus dem oberen Theile seines Niederschlagsgebietes herab.

In der Situation Fig. 1 Taf. III sind die Grenzen des fertigen Brentadeltas nach den Aufnahmen des Jahres 1870, welche vom Ingenieur Müller herrühren, durch den Linienzug R R R ... dargestellt. Daraus ist zu ersehen, dass die Form dieser Landanhäufung von jener abweicht, wie sie Flüsse dort anschwemmen, wo sie in das offene Meer ausmünden. Da die Brenta-Anschwemmungen durch die Configuration des Bodens der todten Lagune, dann von verschiedenen anderen hier nicht näher zu erörternden Umständen beeinflusst wurde, so ist die Annahme solcher Delta-Formen leicht erklärlich. Die Stadt Padua hat z. B. im Jahre 1870 rechts von der Novissimomündung einen Damm in der Absicht aufgeworfen, damit die Vereinigung des Schwemmlandes der Brenta mit jenem des Novissimo verhindert werde. Die Situation Fig. 1 Taf. III, welche nach der Denaix'schen Aufnahme der Lagune vom Jahre 1811 entworfen ist, gibt ein Bild des früheren Zustandes der Lagune (die bestandenen und noch gegenwärtig bestehenden Landpartien sind schief schraffirt, die Wasserpartien der lebendigen und der todten Lagune, damit die punktirten Canäle deutlicher wahrgenommen werden können, hingegen weiss gelassen).

Bis zum Jahre 1840 hat dieser Lagunentheil keine besonders wesentlichen Veränderungen erfahren, weil alle schlammigen Wasserläufe daraus entfernt waren. Vergleicht man die Terrainaufnahmen des Denaix aus dem Jahre 1811 mit jener des Ingenieurs Müller vom Jahre 1870, so wird man finden, dass das gegenwärtig fertige Brentadelta (in der Zeichnung ohne Berücksichtigung der noch bestehenden Canäle horizontal schraffirt) eine Fläche einnimmt, welche in der Situation Fig. 1 Taf. III wie gesagt, durch den Linienzug R R R .. dargestellt ist. Der neuangeschwemmte Boden des Brentadeltas erhebt sich zum Nachtheile der von Conche flussaufwärts gelegenen Brentaflussstrecke fast $3^{\text{met.}}$ über die mittlere Fluth.

Die gemeinsame Brenta- und Novissimo-Deltaoberfläche betrug nach dem im Jahre 1871 gemachten Berechnungen zusammen 2750 Hectaren, wovon 1750 Hectaren bis zum Jahre 1867, und 1000 Hectaren nach demselben Jahre entstanden sein sollen. Die rasche Zunahme des Deltas nach dem Jahre 1867 wird dadurch erklärt, dass ein grosser Theil des damals noch von einer seichten Wasserschichte bedeckt gewesenen fertigen Deltas, den vor dem Jahre 1867 gewonnenen Beobachtungsresultaten nicht zugezählt wurde; bei der lebhaften Flussthätigkeit waren daher verhältnissmässig nur geringe Quantitäten von Schwemmmaterial nöthig, um den nach dem Jahre 1867 entstandenen Deltacomplex über den Wasserspiegel zu erheben.

Ausser dem fertigen, bereits trockenen Deltaboden kommen aber noch jene Materialanhäufungen zu berücksichtigen, welche sich mittlerweile unter dem Wasser unbemerkt vollziehen. Die Anschwemmungsmassen der Brenta, welche unter dem Wasserspiegel schon stark fühlbar werden, reichen bereits bis E E E E . ., und die letzten Spuren des Brenta-Ablagerungsmateriales in der lebendigen Lagune sind bis zur Grenzlinie G G G . . vorgedrungen. (Siehe Fig. 1 Taf. III.)

Diese Darstellung zeigt uns, dass die äusserste Spitze des circa 5 Kilom. breiten fertigen Deltas nur mehr 3 Kilom. vom Hafen von Chioggia entfernt ist, und dass das kleine, im Mittel 1·5 Kilom. lange und breite Novissimodelta sich jenem der Brenta anschliesst. Die ersten Vorboten der Brenta-Ablagerungen sind einerseits bis zum Lido Pelestrina, andererseits bereits bis nach Chioggia vorgedrungen. Daraus geht hervor, dass die Bildung des unterseeischen Deltas ziemlich rasch sich vollzieht; es bereitet dasselbe gewissermassen das Fundament vor, damit das nachrückende, trockene Schwemmland sich darauf aufzubauen vermag.

Es entsteht die Frage, ob die schädlichen Einflüsse der Brenta-Ablagerungen sich auch in der Lagune und dem Hafen von Malamocco schon bemerkbar machen. Aus der Combination der Denaix'schen mit der Müller'schen Terrainaufnahmen (Fig. I. Taf. III) geht hervor, dass die zwischen der Lagune von Malamocco und jener von Chioggia bestehende Wasserscheide seit dem Jahre 1811 etwas nach Süden gerückt sei, so dass die Verschiebung derselben auf eine grössere Thätigkeit des Hafens von Malamocco und auf eine Verminderung derjenigen des Hafens von Chioggia schliessen liesse. Ist es windstill, dann steht die bewusste Wasserscheide in der Richtung des Linienzuges W W W W; wehen Sciroccowinde (Südost), so kommt die Linie des todten Wassers nordöstlich davon nach N N N . . zu stehen, und bei herrschenden Ostwinden rückt die Wasserscheide in die Stellung S S S . . (siehe Fig. 1 Taf. III).

Da aber die fühlbaren Ablagerungen der Brenta die äussersten Grenzen dieser Wasserscheidezone noch nicht bedeutend überschritten haben, so ist daraus zu ersehen, dass sowohl der Lagune als wie dem Hafen von Malamocco von dieser Seite gegenwärtig noch keine Gefahr droht.

Herr Oberingenieur Cav. Filippo Lanciani berechnete im Jahre 1871 die Fläche des fertigen Brentadeltas mit 2750 Hectaren. Die Fläche des noch bestehenden Lagunentheiles zwischen der im Jahre 1870 bestandenen Küste R R R des Brentadeltas und der lagunaren Küste von Litorale Pelestrina und Sottomarina beträgt 3000 Hectaren, also circa $^{11}/_{10}$ der Oberfläche des damals fertigen Brentadeltas. Wenn das

Niveau des trockenen Schwemmlandes welches an die Stelle der bestehenden Lagune treten soll, mit 0·5$^{met.}$ über der Ebene der mittleren Fluth angenommen wird, so ergibt eine einfache Rechnung, dass zur Trockenlegung dieses Lagunentheiles ein Materialquantum von 57,000.000 Cubikmetern trockenen Schlammes erforderlich sein wird. Das königlich italienische technische Regierungsamt Padua berechnet, wie bereits angegeben wurde, die mittlere Menge des jährlich zur Ablagerung kommenden Brentaschlammes auf Trockenrückstand reducirt mit 1·5 Mill. Cubikmeter. Es muss daher, um den noch bestehenden Theil der Lagune von Chioggia vollständig trocken zu legen, eine Zeit von

$$\frac{57000000}{1500000} = 38 \text{ Jahren vergehen.}$$

Die Commission für Verbesserung der Häfen und Lagunen von Venedig nimmt an, dass die Verlandung der Lagune unter den gegebenen Verhältnissen sich viel früher vollziehen werde, als dieses Kalkül es angibt. Sobald die Lagune trocken gelegt ist, wird die Brenta sich das Flussbett im eigenen Schwemmlande mittlerweile zurecht richten, und durch den Hafen von Chioggia ins offene Meer münden.

Der Zustand des Hafens von Chioggia lässt schon jetzt vieles zu wünschen übrig, es bilden sich auch dort schon bedeutende Sandbänke; die gegenwärtigen Sondirungen ergaben eine mittlere Hafentiefe von 4$^{met.}$, während sie früher 5·4$^{met.}$ betragen haben soll.

Aber nicht nur auf die bestehende Lagune, sondern auch auf den Gesundheitszustand dieses Districtes wirkt das Vorrücken des Brenta-Schwemmlandes sehr schädlich ein, und die Stadt Chioggia cerniren die Sümpfe und die Malaria immer mehr.

Nach Decennien geordnet, ergibt die Krankheits- und Mortalitätsstatistik während der Epoche von 1829 bis 1869 für die Stadt Chioggia folgende Mittelwerthe von Todes- und Krankheitsfällen, welche auf den Zustand der Lagune schliessen lassen:

Im Decennium	Mittlere Anzahl der		
	an Fiebern Verstorbenen	an Malaria Verstorbenen	der im Civilspitale behandelten Fiebererkrankungen
1829—1838	100	100	100
1839—1848	310	188	267
1849—1858	255	213	368
1859—1869	523	462	464

Daraus resultirt in Bezug auf die in Chioggia vorkommenden Todes- und Erkrankungsfälle, ein gleichmässig steigendes Gesetz. Die Fieber- sowie die Malariaerkrankungen, und die sich daraus ergebenden Todesfälle nahmen seit dem Jahre 1839 bedenklich zu. Obwohl seit dem Jahre 1819 bis 1868 eine Bevölkerungszunahme von fast 77% zu verzeichnen ist, so wäre dem entgegen einzuwenden, dass die Zunahme der Bevölkerung vom Jahre 1858 bis 1867 nur 11% betragen habe. Und wo liegen die Gründe für diese Erscheinungen?

Wo am Meere Süsswasserflüsse einmünden, bilden sich, namentlich in der Brakwasserzone, besonders aber an flachen, sumpfigen Küsten, wenn die Meeresbewegungen es nicht verhindern können, die sogenannten Wasserschleier, welche zumeist aus organischen Substanzen bestehen. Wo diese schleimigen Substanzen zur Ebbezeit auf den feuchten Schlamm oder Sandboden zu liegen kommen, da wird unter dem Einflusse der heissen Südsonne die Zersetzung solcher Stoffe wesentlich gefördert, und damit die Luft verpestet. Diese Uebelstände treten an der Brentamündung in der Lagune von Chioggia besonders hervor. Bei dem Gezeitenwechsel wird der seichte, zum Theil schon versumpfte Boden der Lagune in der Nähe von Flussmündungen abwechselnd trocken gelegt und mit Wasser bedeckt, ohne dass der Wellenschlag, oder andere kräftige Wasserbewegungen im Stande wären, den Herd dieser Miasmen und pesthauchenden Substanzen vernichten, und die schädlichen Stoffe — was der schlechte Zustand der Lagune hindert — von den Gezeiten in das offene Meer mitgenommen werden könnten. Nach gemachten Erfahrungen soll die Mischung von Süss- und Salzwasser allein schon genügen, um auf den Menschen schädlich einzuwirken. *)

*) Zendrini, welcher von der Republik Lucca berufen wurde, Studien über die Verbesserung der Luft in Viareggio zu unternehmen, und die dortigen Hafenanlagen zu reconstruiren, sagt in seiner Relation vom 23. Mai 1735, dass die Anlage von Schleussen an den dortigen Flussmündungen, welche erstere eine Trennung des Süss- und Salzwassers bewirken, die Luft wesentlich verbessern würde, weil die salzige Meeresfluth bei geschlossenen Schleussen nicht in den Fluss und von dort in die Sümpfe dringen, und sich mit dem Süsswasser nicht mischen könne. Wirklich besserte sich der sanitäre Zustand der Gegend nach der Herstellung der Schleussen wesentlich. Als dieselben später in Verfall geriethen, und nicht reconstruirt wurden, soll die Luft sich wieder verschlechtert haben.

Ingenieur Giorgini rieth der toskanischen Regierung, zur Verbesserung der Luft im Bereiche der Maremmen Grossetane, damit das Salzwasser nicht in die Süsswassersümpfe dringen könne, ebenfalls die Trennung von Süss- und Salzwasser an. Er empfahl der Regierung auch, das schlammige Wasser des Ombrone oder jenes der geschiebeführenden

Mit dem Fortschreiten des Schwemmlandes der Brenta hält in der dortigen Brakwasserzone auch das Vorrücken des Röhrichts gleichen Schritt. Diese Pflanzenart, welche in der Lagune von Chioggia schon ziemlich weit vorgedrungen ist, ist dort, wo sie zu wuchern beginnt, als das sicherste Zeichen des Verfalles der Lagune aufzufassen, sie hindert die freie Wasserbewegung, unterstützt in Folge dessen die Aufschlickung des Bodens und die damit verbundenen Sumpfbildungen wesentlich.

Als im Jahre 1840 der zweite Theil des Fossombronischen Projectes ausgeführt wurde, hatte man offenbar keine Ahnung davon, dass die Verlandung der Lagune solche Consequenzen nach sich ziehen und die Existenz Chioggias so schnell in Frage stellen werde. Hätte man die Verlandungscapacität der Brenta, oder einiger der übrigen lagunaren Küstenflüsse aus Aufzeichnungen von altersher gekannt, oder sonstige Anhaltspunkte gehabt, so würden diese Erfahrungsdaten gewiss berücksichtiget, und der Brentaregulirungsplan schon damals entsprechend modificirt worden sein, trotzdem die Katastrophe vom Jahre 1839 so schnelle Hilfe erheischte.

Wildbäche in die Sümpfe zu leiten, um auf diese Weise den Sumpfboden aufzuschlicken. M. Gaetano Giorgini hat im Jahre 1825 viele, diese Frage erörternde Fälle, aus den verschiedensten Gegenden Italiens veröffentlicht und gezeigt, dass örtliche Krankheiten zunahmen, wenn Süss- und Salzwassersümpfe communicirten, und abnahmen, sobald Süss- und Salzwasser getrennt war.

Dieselben Argumente vertritt auch Professor Savi in seinen Memoiren, welche den Acten des wissenschaftlichen Congresses zu Pisa vom Jahre 1839 beiliegen. Seine Ansichten haben später grosse Verbreitung gefunden.

Michael Levy sagt in dem: „Traitè d'hygiène publique et privèe:" Die Thätigkeit der Sümpfe ist ihrer Natur nach sehr verschieden. Die Salzwassersümpfe und jene, welche durch permanente Mischung von Süss- und Salzwasser entstehen, scheinen schädlicher zu sein. Die zufällige Mischung von Süss- und Salzwasser erzeugt die ärgsten Ausdünstungen. Der Teich Namens Puora, welcher während der Regenzeit mehrere Bäche empfängt, wurde mit jenem von Engrenier nächst Martigues. dessen Wasser salzig ist, durch einen unterirdischen Canal verbunden, und es entwickelten sich in Folge dessen in den umliegenden Ortschaften die unheilvollsten Krankheiten, welche wieder allmälig aufhörten, sobald die Communication zwischen beiden Teichen unterbrochen wurde.

Der englische Chemiker Daniel hat sich mit dieser Frage in den Gewässern Westafrika's, Bolard über das Wasser im Hafen von Marseille, und ausserdem auch M. Caventou vielfach beschäftigt.

Sehr wichtige Anhaltspunkte enthalten die in den Sümpfen von Scarlino im Jahre 1860 vom Professor Emilio Bocchi unternommenen Studien,

Die eben entwickelten thatsächlichen Verhältnisse über die Stadt und die Umgebung Chioggia sind so schwerwiegender Natur, dass die königliche Commission für Verbesserung der Lagunen und Häfen Venedigs schon vor dem Jahre 1870 ernstlich auf Mittel sann, um die Stadt Chioggia den Gefahren der drohenden Vernichtung zu entreissen.

Vor der Frage der Preisgebung einer Stadt von 30000 Einwohnern, wovon 12000 als Matrosen inscribirt sind, und jener der neuerlichen Verbannung der Brenta nach Brondolo stehend, wird den Menschen die Bedeutung des vorliegenden Problems, dessen Lösung mit allen Fühlhebeln der Wissenschaft und der Erfahrung angestrebt wird, vollkommen klar. Die Lösung des jetzigen Problems, gibt einerseits die Möglichkeit zu, dass Chioggia in dem jetzigen Zustande, durch Ablenkung der Brenta aus der Lagune, noch längere Zeit so erhalten bleibe, andererseits aber erwächst durch Belassung der Brenta in der jetzigen Position auch die schwerwiegende Sentenz, dass 30000 Menschen nach und nach auswandern, oder mit ihren Kindern auf den Ruinen ihrer Vaterstadt allmälig im Brentaschlamm sterben müssen. Zwischen beiden Extremen liegt der Mittelweg der Schaffung eines Uebergangszustandes, welcher geeignet ist, die immer grösser werdende Noth einigermassen zu lindern.

Da das Schicksal der Verlandung soeben mit allem Ernste an die Stadt herantritt, so könnte diese Gelegenheit gleich ausgenützt werden, um mit Hinblick auf den eben gegebenen Kalkül, bis anfangs des kommenden Jahrhunderts durch Trockenlegung der Lagune, für Chioggia einen definitiven Zustand zu schaffen, zumal alle anderen Projecte nichts anderes bezwecken, als eine Fristerstreckung für die lagunaren Position von Chioggia zu ermöglichen; die Verlandung der Lagune lässt sich in der Zukunft doch nicht aufhalten. Die Aufgabe, durch Förderung der eben im Gange befindlichen Verlandung der Lagune, für Chioggia einen definitiven Zustand der localen Verhältnisse zu erreichen, könnte nur der Staat auf Grund eines wohlüberlegten Operations- und Finanzplanes in die Hand nehmen und durchführen. Wäre die Verlandung der Lagune so weit gediehen, dass die Bewohner der Stadt und jene der Umgebung zur Auswanderung gezwungen sein würden, da würde der Zeitpunkt gekommen sein, wo der weitere Verlauf der Katastrophe in geregeltere Bahnen gelenkt, und das traurige Los der Bewohner durch Unterstützungen und durch Leistung von Entschädigungen gemildert werden könnte. Die Verlandung, sowie Trockenlegung der Lagune müsste mit allen möglichen Mitteln, wenn es nöthig wäre selbst durch Herbeiziehung des Bacchiglione gefördert, und die noch versumpften Theile des Schwemm-

landes, durch Melioration in fruchtbaren guten Boden umgestaltet werden. Nach Massgabe des Fortschreitens der Verlandungsarbeiten müsste die Brenta nach und nach ein definitives Bett erhalten, und schliesslich durch den Hafen von Chioggia direct ins offene Meer münden. Auf diese Weise könnte Chioggia aus den Trümmern der Uebergangsperiode als Brenta-Uferstadt neu erstehen, und gestützt auf das neugeborene fruchtbare Hinterland als Landstädtchen wieder aufblühen. Die während der Stabilisirungs- und Trockenlegungsperiode für die Lagune aufgewendeten Kosten könnten zum Theil durch Verkauf des neugewonnenen Landes hereingebracht werden, und sie dürften jene Gesammtausgaben kaum übersteigen, welche durch Ausführung anderweitiger Projecte, wie z. B. die Verlegung des Flusses aus der Lagune und die Nothwendigkeit der Erhaltung dieser Bauten bis zu dem Zeitpunkte erwachsen, wo dann alle die Erhaltung der Stadt bezweckenden Mittel endlich erschöpft — Chioggia dem Schicksale der Versumpfung schliesslich doch überlassen werden müsste.

Es erscheint dieser Gedanke nicht so ungeheuerlich, wenn man erwägt, dass durch die rationelle Heilung einer so brennenden Wunde, das nagende Uebel des Siechthums, von der Stadt für immer abgewendet wird. Der naturgemässe Eiterungsprocess einer Wunde lässt sich eben, wenn die gründliche Heilung derselben erfolgen soll, durch keine Palliativmittel verhindern. Dass die Verwirklichung ähnlicher Projecte auf ungeheure Schwierigkeiten stossen müsste, ist wohl klar; dort wo Privatinteressen aller möglichen Schattirungen ins Spiel treten, da können grosse Aufgaben nur gedeihen, wenn die Wünsche der Einzelnen in dem Strome jener Ideen, welche das allgemeine Wohl bezwecken, aufgehen. Aehnliche Probleme wurden öffentlich zwar nicht discutirt, wohl aber hat sich die Comissione Reale pel miglioramento delle Lagune e Porti Veneti mit andern, die vorliegende Frage behandelnden Projecten beschäftigt; und zwar:

1. Mit dem Projecte, das trübe Brentahochwasser in Klärungsbassins, wie es auch in der Natur vorkommt, vom Schlammgehalte zu reinigen, und das gereinigte Wasser in die lebendige Lagune austreten zu lassen.

2. Die Brenta zwischen Dämmen auf dem kürzesten Wege durch die Lagune in den Hafen von Chioggia, und von dort ins offene Meer zu leiten.

3. Den Brentafluss wieder aus der Lagune in das seinerzeit schon einmal bereits innegehabte Mündungsgebiet von Brondolo-Fossone zu verbannen.

Das Project mit den Klärungsbassins fand sehr wenig Beachtung. In der Lagune wären in der Nähe der Flussmündung zwar dafür geeignete Becken, die „Valle di Mille Campi" vorhanden, allein dieselben müssten, wenn sie dem vorliegenden Zwecke entsprechen sollten, die trüben Brentawässer der intensivsten Niederschlagsperioden zu fassen im Stande sein, die nöthigen Eindämmungen der Bassins müssten dem entsprechend sehr stark gehalten, und mit vielen Ablassschleussen versehen werden, durch welche das gereinigte Wasser dann in die Lagune austreten könnte. Mit den abgelagerten Schlammmengen würde die Sohle des Klärungsbeckens sich wesentlich heben, dieser Erhebung müsste die Aufholung der Einfassungsdämme gleichen Schritt halten; der Dammerhöhung setzen aber die statischen Gesetze gewisse Grenzen und die Gefahr der Dammdurchbrüche wäre, was die Hauptsache ist, dadurch in keiner Weise beseitigt.

Das Project, die Brenta zwischen Dämmen durch die Lagune in den Hafen von Chioggia und von dort in das offene Meer zu leiten, wurde etwas eingehender discutirt. Allein man fand, dass die Anlage des Flussbettes durch den Sumpf- und Lagunenschlammboden mit zu grossen Kosten verbunden wäre. Soweit das fertige Brentadelta reicht, wären die Dämme leicht herzustellen, schwieriger jedoch wird die Arbeit auf den gerade in Bildung begriffenen Brenta-Anlandungen, am schwierigsten hingegen auf jener Flussstrecke, welche direct in die lebendige Lagune zu liegen käme, weil die Fundirung der Dämme bei einer Wassertiefe von 2 bis 3$^{met.}$ auf Lagunenschlamm erfolgen müsste, und weil ausserdem noch zu berücksichtigen käme, dass in der Nähe kein brauchbares Dammmaterial vorhanden ist; dasselbe könnte nur aus grösseren Entfernungen bezogen werden. Weitere Consequenzen dieses Projectes wären: die Verstärkung der Flussdämme zwischen Calcinara und Strà, Neuherstellung der Dämme in der Lagune auf einer Länge von 12 Kilometern, wobei mit Rücksicht auf die Stabilität derselben bei dem vorhandenen beweglichen Boden, wegen der Druckvertheilung eine Erbreiterung der Dammbasis Platz greifen müsste; ausserdem müssten die neuherzustellenden Dämme in der Lagune auf einer Länge von circa 6000$^{met.}$ gegen Wellenschlag durch Steinwürfe gesichert werden. Nebenbei kommen noch Baggerungen längs der ganzen Flussstrecke — Dammverstärkungen an solchen Stellen, wo der Fluss von Canälen gekreuzt wird, dann zwei ganz neue Schleussenanlagen, eine am Canal von Pelestrina, die andere am Canal Lombardo, endlich ein 2000^{met} langer Steinwurf mit den nöthigen Pfahlbauten bei der Regulirung der Hafenbucht von Chioggia zu berücksichtigen. Der versumpfte Theil des

Lagunenbodens müsste aufgeschlickt oder mit Miasmen zerstörenden Gewächsen bepflanzt werden. Mit Rücksicht auf die Auslagen für unvorhergesehene Fälle, betragen nach approximativen Berechnungen der Subcommission die Kosten dieses Projectes 8300000 Lire.

Durch die Ausführung eines derartigen Projectes wird selbstverständlich das belebende Element, nämlich der Eintritt der Gezeiten durch den Hafen Chioggia, fast unmöglich gemacht, da der eingedämmte Fluss die untere Lagune in zwei Partien theilen würde. Die gegen Malamocco zu gelegene Partie könnte, indem die dort bestehende Wasserscheide allmälig nach Süden gedrängt wird, durch den Hafen von Malamocco belebt und erhalten werden. Die Lagunenpartie zwischen der Brenta und der Schleusse von Brondolo, in welcher bekanntlich Chioggia liegt, würde mit Ausnahme des Wassers, welches durch die Brentaschleussen austritt, fast gar keine Zu- und Abflüsse erhalten, und jede anderweitige Wasserbewegung würde auf ein Minimum reducirt werden. Die Consequenzen, welche für die Stadt Chioggia daraus erwachsen, sind leicht zu begreifen. Das vorliegende Project streift an die frühern Erörterungen über die Heranziehung der jetzt vorhandenen Gelegenheit, der in der Lagune eben thätigen Verlandung, zur Herstellung eines definitiven Zustandes in derselben, jedoch mit der Abweichung, dass in dem eben besprochenen Project der Brentalauf zuerst fixirt, und die spätere Verlandung der vom Meere getrennten Lagunenpartien stillschweigend vorausgesetzt wird.

Eine eingehendere Würdigung fand das Project der Verbannung der Brenta aus der Lagune. Die Commission für die Verbesserung der Häfen und Lagunen Venedigs hat mit dem Studium der einschlägigen Projectsarbeiten den Herrn Oberingenieur Cav. Flippo Lanciani betraut.

In dem sorgfältig ausgearbeiteten Berichte „Sul Brenta, e sul Novissimo, Relazione alla Commissione pel miglioramento dei Porti e Lagune Venete“ begründet Lanciani in sehr lebhafter Weise die Verlegung der Brenta in das früher innegehabte Mündungsgebiet von Brondolo, und schliesst sich in Folge der letzten 31jährigen Erfahrungen den alten Brentaaustreibungsdecreten wieder an.

Der Brentalauf sollte nach dem Lancianischen Projecte von Conche an ausserhalb der Lagune, längs des Conterminationsdammes, knapp an der Stelle, wo früher der Novissimo floss, jedoch unabhängig vom Bacchiglione, nicht ganz genau in der früher innegehabten, sondern zum Theil abgekürzten Brentatrace B B B . . . M folgen (Siehe Tafel II, dann Tafel III, Fig. 1). Die Brenta würde von der Abzweigungsstelle bei Conche an, bis Ponte delle Trezze, ein ganz neues Bett erhalten, und

an der letzten Stelle in das jetzt vom Bacchiglione benützte Bett ein treten, darauf den aus der Lagune von Chioggia kommenden Schifffahrtscanal sowie südlich vom Fort Brondolo das Litorale di Sottomarina durchschneiden und schliesslich bei M in das offene Meer einmünden.

Der Bacchiglione würde von der Brenta unabhängig, von seinem jetzt innegehabten Bett gegenüber von Nogarola in ein, in der Richtung der Trace F F F . . . herzustellendes Bett abzweigen, und bei Q in den Hafen von Brondolo sich entladen.

Der Novissimo, welcher keine grossen Schlamm- und Wassermassen führt, würde bis auf Weiteres mit der Mündung bei Fogolana verbleiben. Die Veränderungen an der Brenta und dem Bacchiglione würde die Vertheidigungsfähigkeit des Forts nicht alteriren.

Ausser einigen kleineren Schleussen wäre nur die grosse Schleusse beim Fort Brondolo, welche die aus, oder in die Lagune fahrenden Schiffe passiren müssen, zu reconstruiren. Die hydraulische Ordnung der Gewässer bleibt im übrigen, ob sie jetzt der Schifffahrt oder zur Bewässerung dienen mögen, im Lagunengebiete, sowie im angrenzenden Territorium in dem bisherigen Bestande aufrecht; es gelangen keine weiteren, als in dem eben skizzirten Generalsystemisirungsplane berührten Arbeiten zur Ausführung.

Die Kosten des Lancianischen Brenta-Regulirungsprojectes, das sind: die Erhöhung und Verstärkung der Flussdämme von Strà bis St. Margherita di Calcinara, die Correction und Instandsetzung des Brentaflussbettes von Calcinara bis Conche, der Aushub des neuen Flussbettes und die Anschüttung der Dämme von Conche bis Ponte delle Trezze; die Verbesserungen des alten Brentabettes (das gegenwärtige Bacchiglionebett, auch Canal Pontelungovivo genannt), endlich die Herstellung des neuen Flussbettes von Brondolo bis ins Meer, dann des neuen von der Brenta getrennt projectirten Bacchiglioneflussbettes, die Reconstruction der an den Kreutzungsstellen zwischen den Flüssen und den Canälen nöthigen Schleussen, die Ausführung sonstiger Sicherungsbauten, Reconstructionen von Strassenbrücken, eventuell Neubauten, die Grundeinlösung und die unvorhergesehenen Fälle mitgerechnet, betragen im Gesammten 7·5 Mill. Lire, oder der Lire mit 40 kr. öst. W. gerechnet, 3 Millionen Gulden österr. Währung.

Von besonderem Interesse dürfte es noch sein, das Nöthigste über die Längen- und Gefällsverhältnisse der oben betrachteten projectirten Brentatracen kennen zu lernen. Von Strà bis Conche bleibt der Brentalauf unverändert. Von der Abzweigungsstelle bei Conche flussabwärts beträgt:

1. Die Länge des alten vor 40 Jahren ausserhalb der Lagune nächst des Conterminations-Dammes situirt gewesenen Brentalaufes: 18 Kilom.

2. Die Länge der Brentastrecke nach dem 2. Project Conche-Chioggia, mit der Mündung zwischen Fort Caroman und Fort St. Felice: 12 Kilom.

3. Die Länge der Lancianischen Brentatrace BBBM (Siehe Situat. Fig. 1 Taf. III) beträgt mit Rücksicht auf den Zuwachs des Landes von $60^{met.}$, welcher sich an der Küste von Brondolo in den letzten 600 Jahren vollzogen hat . . . . 15·3 Kilom.

Der Brentalauf ad 1 wäre demnach um 6 Kilom. länger als die projectirte Flusstrace Conche-Chioggia ad 2. Die Lancianische Trace ad 3 würde um 15·3 — 12 = 3·3 Kilom. länger sein, als die eben erwähnte lagunare Flusstrace Conche-Chioggia, hingegen um 2·7 Kilom. kürzer, als die vormals bestandene Brentatrace ad 1.

a) Vor dem Jahre 1840 betrug die Brentaflusslänge Limena-Strà-Dolo-Corte-Calcinara-Conche bis zur Mündung in den Hafen von Brondolo 72·86 Kilom.

b) Mit Hinblick auf die im Jahre 1858 beendigten Brentafluss-Regulirungsarbeiten beträgt die Länge dieses Flusslaufes von Limena-Strà-Vigonovo-Corte-Conche inclusive der durch die Lagune bis in den Hafen von Chioggia projectirten Strecke 53·18 Kilom.

c) Nach dem Lancianischen Projecte beträgt die Länge des Brentalaufes Limena-Strà-Vigonovo-Corte-Conche inclusive der bis zum offenen Meere ausserhalb der Lagune projectirten Strecke BBBM, den Werth von 56·48 Kilom. Daraus ist zu ersehen, dass der vor dem denkwürdigen Brentadurchbruche im Jahre 1839 bestandene Flusslauf ad a) um 19·68 Kilom. länger, hingegen die projectirte Lancianische Flusstrace ad c) um 3·3 Kilom. kürzer ist, als die durch die Lagune projectirte Flusstrace ad b).

Ohne den Flusslauf von Limena thalauf, welcher unverändert geblieben ist, zu berücksichtigen, beträgt nach der Ausführung des Projectes, der neuerlichen Verbannung der Brenta aus der Lagune von Chioggia in das alte Mündungsgebiet bei Brondolo, das Flussgefälle von Limena abwärts, und zwar:

von Limena nach Vigodarzere	0·383	pro mille
von Vigodarzere bis Strà	0·344	„ „
von Strà nach Corte	0·296	„ „
von Corte nach Conche	0·244	„ „
von Conche bis zum offenen Meere	0·186	„ „

Während der Jahre 1811 bis 1821 erreichte die Brentaflusssohle in Limena die mittlere Höhe von 12·55$^{met.}$, im Jahre 1870 hingegen 11·17$^{met.}$ über der Ebene der mittleren Fluth (Comune alta marea). Die mittlere Höhe der Brentasohle betrug in Strà vom Jahre 1811 bis 1821 im Mittel 5·8$^{met.}$, im Jahre 1870 hingegen 4 9$^{met.}$, in Corte während der Zeit von 1811 bis 1821 im Mittel 1·4$^{met.}$, im Jahre 1870 1·51$^{met.}$ über der Ebene der mittleren Fluth. In der Zeit von 1811 bis 1821 betrug in Conche die mittlere Höhe der Brentasohle im Mittel 1·49$^{met.}$ und im Jahre 1870 0·2$^{met.}$ unter der Ebene der mittleren Fluth.

Nach den Berechnungen des bekannten Ingenieurs Paleocapa soll das Hochwasser der Brenta, welches die erwähnte Katastrophe von 1839 herbeiführte, eine Abflussmenge von 870 Kubikmetern pro Secunde erreicht haben. Obschon diese Abflussmenge bedeutend geringer ist, als jene, welche in Limena in den Jahren 1823 bis 1825 beobachtet wurde, so überstieg das Hochwasser in der Flussstrecke von Limena abwärts doch jede bisher beobachtete Maximalgrenze. Das königlich technische Regierungsamt zu Padua berechnet mit Rücksichtnahme auf die Verhältnisse der Flusssohle, die Wasserhöhe für Strà mit 5·76$^{met.}$, für Calcinara mit 5·9$^{met.}$ und für Conche mit 5·78$^{met.}$ Auf Grund weiterer Rechnungsresultate hat Herr Lanciani für die Profile seiner Flussstrecke die Hochwassercote mit 7$^{met.}$ angenommen; dabei gibt er bei Feststellung der Flussdammhöhen von Strà bis St. Margherita di Calcinara einen Zuschlag von 0·75$^{met.}$ und von St. Margherita di Calcinara flussabwärts eine solche von 0·4$^{met.}$ Oberhalb Strà werden, weil sich das Flussbett fast bis Tremignon unter die theoretisch festgestellte Flussnivellette vertiefte, diese Vorsichtsmassregeln nicht nöthig, und von Tremignon thalauf hat der Staat keine Verpflichtung mehr, die Flussdämme zu erhalten.

Wie aus den vorliegenden Darstellungen hervorgeht, haben sich an der Terraferma die Verhältnisse in Folge der Brentaregulirung zwar gebessert, allein die Verlegung der Brentamündung nach der Lagune bringt der Stadt Chioggia solche Gefahren, dass bei der gegebenen Sachlage die Durchführung des Lancianischen Projectes für die gegenwärtigen Bewohner von grosser Wohlthat wäre. Chioggia könnte mit den 30000 Seelen mit der dortigen Industrie noch auf längere Zeit in dem bisherigen Bestande erhalten werden; dabei würde die Schifffahrt in der Lagune sowohl, wie auch die Schifffahrt nach westlichen Provinzen keine Störung erleiden. Wird die Brentamündung einmal aus der Lagune verbannt sein, so ist zu hoffen, dass ein Theil der lockeren Brenta-Anschwemmungen durch den kräftigeren Wellenschlag und durch die

erhöhte Thätigkeit der Gezeiten zerstört und die lagunaren Schifffahrtscanäle sich wieder vertiefen werden. Bei der Rückfluth dürfte in Folge dieses Schlemmprocesses aber nur ein kleiner Theil des gelockerten Materiales in das offene Meer mitgenommen werden, der grösste Theil desselben dürfte am Boden innerhalb der Grenzen der unteren Lagune zur Ruhe kommen.

Seitdem die Brenta-Anschwemmungen so rapid zunehmen, hat die Fischerei an vielen Orten der Lagune, wie z. B. bei Aseo, Pisorte u. a. m. sehr stark gelitten. Viele Arten seltener und schmackhafter Seefische sind aus der Lagune verschwunden und die Cultivirung von Austernbänken ist schon lange unmöglich geworden, daher entgeht der Stadt Chioggia durch Entwerthung der Fischplätze sehr viel Pachtzins. Ausser diesen sind in den Begehungsprotokollen der Commission für Verbesserung der Lagunen und Häfen von Venedig eine Menge von Uebelständen verzeichnet, welche sich in der neuesten Zeit besonders bemerkbar machen. Auch die Schifffahrt zwischen Venedig, Chioggia und Brondolo hat wesentlich gelitten. Die Begehungscommission vom Jahre 1870 musste schon 2 Kilom. vor Chioggia das grosse Schiff verlassen und die Weiterfahrt, weil die Canäle an manchen Stellen nur die Tiefe von 0·8 bis 0·9$^{met.}$ zeigten, in kleineren Schiffen fortsetzen. Im Jahre 1848 ankerte noch die Flotte der venetianischen Regierung, darunter die unter Commando des Corvettencapitäns Achilles Bucchia stehende Segelcorvette Lombardia, an derselben Stelle der Lagune bei Chioggia, wo gegenwärtig kleinere Dampfer kaum passiren können. In eben so traurigem Zustande befindet sich der Canal Nazionale, auch Lombardo genannt, welcher die Lagune von Chioggia mit Brondolo verbindet. Die Begehungscommission befuhr denselben mit einem Dampfer von 1·0$^{met.}$ Tauchtiefe. Unweit von Chioggia schon blieb derselbe stecken, weil der Canal statt der Normaltiefe von 2·5$^{met.}$ nur eine solche von 1·2$^{met.}$ inne hatte. Zwischen Chioggia und der dort befindlichen Saline bildet sich schon längst eine Sandbank, und ähnliche Uebelstände vermehren sich zusehends fast von Tag zu Tag.

B. Ablenkung der zweiten Flussgruppe aus der Lagune.

Der Marzenego, Dese, Zero, Sile, Vallio, Meolo, die Piave und die dazwischen liegenden kleineren Wasserläufe führten seit 500 Jahren ein ebenso bewegtes Dasein, wie die lagunaren Flüsse der ersten Gruppe. Aehnliche Experimente, wie sie bei der Brenta besprochen wurden, wiederholten sich auch bei den Flüssen, welche in die obere Lagune einmündeten. Da aber derlei Regulirungsarbeiten schon eingehender bei

der Brenta geschildert wurden, so dürfte es für den vorliegenden Zweck genügen, den Gang jener Ereignisse, welche sich auf die zweite Flussgruppe beziehen, in den folgenden Darstellungen etwas genereller zu halten. —

Bei der Besprechung der ersten Flussgruppe wurde angegeben, dass man in Venedig, den Brenta- und Marzenegoanschwemmungen durch einen im Jahre 1324 zwischen Bottenico und Fusina aufgeworfenen Damm begegnete, welcher den Zweck hatte, das trübe und schlammige Wasser dieser Flüsse in entferntere Lagunentheile abzulenken. Allein nicht gegen die Brenta allein, sondern auch gegen den Marzenego, Dese, Zero erhob die Stadt Venedig ihre Proteste und verlangte, dass die Mündungen der Flüsse aus ihrer Nähe verbannt werden sollen; es bildete sich um das Jahr 1320 schon sogar eine Magistratssection (Magistrato dell aque), welche die Aufgabe hatte, das Mündungsgebiet der Flüsse scharf zu beobachten.

Ueber die Richtung, nach welcher die Flüsse der zweiten Gruppe aus der Nähe von Venedig verbannt werden sollten, waren die Meinungen sehr getheilt; die Einen wollten dieselben in die Lagune von Malamocco, die Andern hingegen in die Lagune von Torcello abgelenkt wissen; obwohl zum Zwecke der Schifffahrt und zum Betriebe der von der Regierung der Republik in Mestre erbauten Mühlen, dieselben Flüsse seinerzeit in die Nähe der Stadt herangezogen werden mussten.

Der Betrieb neuer industrieller Etablissements in Mestre erforderte neue grössere Wasserkräfte; der Dese und Zero, welche sonst bei Altino in die Lagune flossen, wurden deshalb dem bei Mestre situirten Wassernetze einverleibt. Die Heranziehung dieser Flüsse war selbstverständlich mit der Verlängerung der Flussläufe und den nöthigen Eindämmungen verbunden, und da andererseits die Gewässer zwischen Bottenico und Campalto in die Lagune nicht frei ausfliessen konnten, so ist es leicht begreiflich, dass die Bewohner dieses Landstriches der Terraferma um diese Zeit über Wasserstauungen, Ueberschwemmungen und Versumpfungen viel zu klagen hatten. Als später noch $^2/_3$ des Silewassers in den Malgheracanal eingeleitet wurde, da erreichten die geschilderten Uebelstände in den angrenzenden Districten den Culminationspunkt. Die Conterminationsdämme wurden durch die gestauten Wassermassen auch später noch öfters durchbrochen, und im Jahre 1442 haben die Bodenversumpfungen dort derart zugenommen, dass die verdorbene Luft sehr stark fühlbar wurde.

Die Regierung der Republik suchte den berechtigten Klagen der Bewohner der Terraferma nach Möglichkeit Rechnung zu tragen, und

wo sie konnte, Abhilfe zu schaffen. Es entstanden in Folge dessen eine Menge, die brennendsten Wasserbaufragen behandelnden Projecte; ja man wollte, als die Versumpfungen in der Nähe von Venedig sehr zunahmen, den Marzenego, Dese, Zero im Jahre 1501 sogar in die Lagune von Malamocco verbannen. Zu den Klagen der Beschädigten kam damals noch das Geschrei jener im Baufache unberufenen Individuen, welche die augenblickliche Situation durch Wühlereien zu ihrem Vortheile zu verwirren suchten. Dem zunehmenden Chaos in den, die Terraferma behandelnden Wasserbauangelegenheiten machte die Regierung der Republik durch ein im Jahre 1505 erlassenes Gesetz ein Ende, welches einerseits Jedem eine Strafe von 500 Ducaten auferlegte, der als Nichtfachmann die an der Tagesordnung stehenden Wasserbauangelegenheiten discutirte. Sie liess andererseits jedem ihrer Fachmänner schwören, dass sie in den brennendsten Flussregulirungsfragen keine wie immer gearteten Nebeninteressen verfolgen dürfen, und dass sie bei der Behandlung derselben nur durch das Gedeihen des öffentlichen Wohles und durch das Wohl des Staates allein sich leiten lassen müssen.

Zu definitiven Flussregulirungsprojecten kam es um diese Zeit nicht, man versuchte zwar den vorhandenen Uebelständen durch Regulirungen abzuhelfen; es wurden behufs Entwässerung des versumpften Bodens die Conterminationsdämme manchmal durchstochen, allein man verschloss die Oeffnungen später wieder, und als in den Provinzen der Terraferma im Jahre 1509 wieder neue Kriege entbrannten, da haben die herrschenden Ereignisse die Wasserbaufragen ganz in den Hintergrund gedrängt.

Im Jahre 1530 wurde der Wassermagistrat (Magistrato dell aque) als ständige Behörde geschaffen, welchem die Aufgabe zufiel, sich nur mit der Erhaltung und Verbesserung der Lagune und jener der Häfen zu beschäftigen.

Sobald an der Terraferma wieder Ruhe eingetreten war, begannen die systemlosen Correctionen des Marzenego, des Dese und Zero neuerdings und dauerten bis 1531 fort; dabei nahmen die Ueberschwemmungen zwischen Mestre und Noale immer zu, die Schifffahrtscanäle verschlechterten sich, und der Boden versumpfte immer mehr. Im Jahre 1532 wurden, um den fortwährenden Streitigkeiten ein Ende zu machen, die von der Republik in Mestre mit grossen Kosten erbauten Mühlen und sonstigen Etablissements zum grössten Theile dem Boden gleich gemacht; der Dese und Zero nahmen den früher innegehabten Lauf über

Altino ein, und der Marzenego mündete in der Nähe von Malghera in die Lagune.

Die Beseitigung der eben erwähnten Etablissements und die Verlegung des Dese- und Zeroflusses in das alte Bett war noch keineswegs geeignet, die geschilderten Uebelstände an der Terraferma wesentlich zu beseitigen; zufolge der lagunaren Conterminationsdämme konnte sich der Landstrich zwischen der Piave und der Brenta noch immer nicht gut entwässern, und es ist daher erklärlich, dass die lagunaren Wasserläufe bei den beschränkten Abflussverhältnissen fortfuhren, den dort situirten Ländereien solange Schaden zuzufügen, bis sie sich der neuen hydraulichen Ordnung einigermassen anbequemt hatten.

So war im Jahre 1535 fast das ganze Gebiet des Festlandes zwischen der Brenta und dem Terraglio (die alte Strasse zwischen Treviso und Mestre) von verheerenden Hochwässern heimgesucht; die Ueberschwemmung des Jahres 1545 trieb die verzweifelten Bewohner sogar dazu, bei Campalto und Bottenico die Conterminationsdämme gewaltsam zu öffnen. Der Fesseln entledigt, drangen die gestauten Wassermassen mit grosser Kraft durch die erste Oeffnung bis Murano, durch die letztere bis Venedig vor. Die Regierung der Republik liess diese Dammöffnungen zwar sogleich verschliessen, allein trotzdem hatte diese Gewaltthat lange noch Spuren grosser Erregung hinterlassen, und stachelte die Lagunenstadt an, gegen die Bewohner der Terraferma, wo die Gesundheit ohnehin sehr rapid abnahm, noch rücksichtsloser vorzugehen. Nach dem Jahre 1557 beschäftigte man sich abermals mit einer Menge von Flussableukungsprojecten; unter anderen sollte im Jahre 1561 der Musone nach seinem Austritte aus den Bergen bei Asolo „in hundert Wasseradern getheilt werden," damit dieser Wasserlauf verschwinde und dadurch unschädlich gemacht werde.

Um diese Zeit begannen in Venedig sich auch gegen den Silefluss die bösen Gedanken zu regen; man erkannte, dass dieser Fluss, wie es das Schicksal von Torcello beweist, durch seine Verlandung der oberen Lagune, auch Venedig von Nordosten her bedrohe. Im Jahre 1587 wurde, nachdem sich die verheerenden Ueberschwemmungen in den Districten zwischen dem Sile und der Brenta neuerdings wiederholten, die Conterminationsdämme durch die trüben, hinter denselben gestauten Wassermassen bei Campalto Malghera abermals durchbrochen und die Lagune in der Nähe von Venedig davon total überschwemmt In Folge dessen wollten die Fachmänner nunmehr zur Ausbaggerung der Flussbette des Marzenego und des Zero und Dese schreiten, allein man ging aus unbekannten Gründen davon ab, und schritt dazu, wie es die im

Jahre 1582 erfolgte Ausführung des Taglio Novissimo beweist, den Wasserstauungen hinter den Conterminationsdämmen durch Anlage von Einschnitten entgegenzutreten, auf diese Weise den angrenzenden Boden des Festlandes zu entwässern, die kleinern Wasseradern darin abzufangen und das gesammte Wasser am Rande der Lagune nach indifferenten Localitäten abzuleiten.

Aus diesen Erwägungen ging im Jahre 1630 die Anlage des Taglio di Osellino hervor; derselbe beginnt bei Mestre, läuft längs des Lagunenrandes gegen Nordosten, und leitet einen Theil des Wassers des Marzenego in das Lagunengebiet von Cona, dort wo der Dese und Zero einmünden, ab. Man wollte den Taglio di Osellino sogar bis zur Silemündung fortsetzen. Die Wirkungen, welche die Verlegung der Marzenegomündung bei den gegebenen localen Verhältnissen nach sich ziehen musste, werden sofort klar, wenn man die Situat. Taf. II besichtiget. In den Landdistricten, welche an den Taglio di Osellino angrenzen, haben die Wasserstauungen und die Ueberschwemmungen, welche aus der Verlängerung der Abflusstrace bis Cona resultirten, nur zugenommen, und es ist leicht zu begreifen, dass diese Massregel die Bewohner der Terraferma keineswegs befriedigen konnte; zumal andere Projecte, wie z. B. den Marzenego bei Marocco mit dem Dese zu vereinigen und denselben mit dem Zero gemeinschaftlich bei Musestre oder St. Michaele di Quarto in den Sile einzuleiten, — eine Verwirklichung kaum anhoffen liessen.

Unter solchen Speculationen kam man mit dem Flussverdrängungsprojecte immer mehr gegen Nordosten, bis im Jahre 1670 auch an den Silefluss, welcher seine Wassermassen in die Lagune von Torcello und Treporti entlud, Hand angelegt wurde. Von Porte Grande an eröffnete man am Rande des nördlichsten Theiles der oberen Lagune einen Einschnitt „Taglio dell Sile" genannt, und liess denselben bei Capo dell Sile in das alte Piavebett einlaufen, da die Piave mittlerweile selbst nach östlicher Richtung daraus verdrängt wurde. In diesem Einschnitt, welchen man im Jahre 1684 mit dem Kostenaufwande von einer halben Million Ducaten beendete, fliesst der Sile seither in das alte verlassene Piavebett, und entladet sich durch dasselbe bei Porto di Piave vecchia, früher Porto Jesolo genannt, direct in das offene Meer.

Damit die Barken aus dem Sileflusse direct in die Lagune von Torcello und Treporti einfahren können, zweigen sich im alten Silemündungsgebiete zwei schiffbare Canäle, der eine Namens „Sioncello" bei Tre Pallade, über Cà di Riva gehend, der andere „Canal Dolce"

genannt, bei Porte Grande, der Richtung über la Rosa folgend, in die obere Lagune ab.

Ein Blick auf die Karte Taf. II allein genügt schon, um sich zu überzeugen, dass die vorliegende Lösung der Aufgabe, der Ablenkung des Sileflusses aus der oberen Lagune, durch eine so enorme Trace-entwicklung, bei dem geringen Flussgefälle im Mündungsgebiete, den angrenzenden Ländereien der Terraferma keineswegs irgend welche Vortheile bringen konnte. Sobald der Sile den neuen Weg zu fliessen begann, vermehrten sich auch die Uebelstände der Wasserstauungen, Ueberschwemmungen und Bodenversumpfungen in den angrenzenden Districten zusehends, und die mit dem Kostenaufwande von einer halben Million Ducaten ausgeführte Sileregulirung rief einen solchen Sturm von Protesten und Recursen von Seite der davon betroffenen Bevölkerung der Terraferma hervor, dass die Regierung der Republik, die Sachlage würdigend, sich gezwungen sah, jedes der Mitglieder des Wassermagistrates (Magistrato dell aque) mit einer Strafe von 500 Ducaten zu bedrohen, wenn den traurigen Zuständen des Sileflusses nicht bald ein Ende gemacht werden würde.

Um die verschiedenen continentalen und lagunaren Wasserbaufragen zu studieren, und um über die Sileregulirungsarbeiten ein fachmännisches Urtheil zu erhalten, berief die Regierung der Republik im Jahre 1687, also 3 Jahre schon nach der Beendigung des Sile-Einschnittes, den bekannten Ingenieur Montanari, welcher den Fehler der ausgeführten Ablenkung des Sile auch anerkannte, und bestätigte, dass diese Anlage auf die angrenzenden Ländereien nur versumpfend einwirken könne.

Während die alte Siletrace zwischen Musestre und der oberen Lagune eine Länge von beiläufig 5 Miglien = 8·9 Kilom. (die lombard. Miglie zu 1·785 Kilom. gerechnet) ein Gesammtgefälle von 11 Zoll = 2·6 × 11 = 28·6$^{\text{cent.}}$ aufzuweisen hatte, betrug bei der Länge des neuen Silelaufes Musestre, Porte-Grande, Capo dell Sile, Porto di Piave vecchia 16 Miglien oder 28·55 Kilom., das Gefälle nur $^2/_5$ Zoll = 1·04$^{\text{cent.}}$ pro Miglie oder 0·58$^{\text{cent.}}$ pro Kilom. Bei den gegebenen Gefällsverhältnissen der neuen Flusstracen wird es erklärlich, dass sich die Einschnittssohle, wie erzählt wird, mit Gräsern bedecken und der Boden der dem Sileflusse benachbarten Districte total versumpfen musste.

Die Umstaltung der Abflussverhältnisse des Sile musste auch auf den Canal Fossella, welcher bei Fossalta von der Piave abzweigt, den Vallio und Meolo aufnimmt, und schliesslich in den Sile einmündet, rückwirken. Im Jahre 1693 richteten die seit der Verdrängung des

Flusses aus der Lagune fast jedes Jahr eingetretenen Ueberschwemmungen in den dortigen Districten der Terraferma besonders grosse Verheerungen an, so zwar, dass sich der Senat von Venedig in Folge dessen nach vielen Discussionen doch gezwungen sah, durch Anordnung des noch gegenwärtig bestehenden, nordwestlich von Porte Grande gelegenen „Sfogo di Businello“ eine Oeffnung, welche einen Theil des Silewassers direct in die Lagune austreten lässt — Abhilfe zu schaffen.

Die Verlandungen, welche von dem Marzenego, Dese und Zero herrührten, machten sich in der oberen Lagune immer fühlbarer. Man fing deshalb an zu glauben, dass dieselben sich sehr bald bis Treporte, St. Erasmo, ja sogar bis zum Lido ausdehnen dürften. Um den von dieser Seite drohenden Verlandungsgefahren entgegenzutreten, wurden die verschiedensten Gegenmassregeln berathen; man berief zu diesem Zwecke den bekannten Ingenieur Guglielmini, welchem die Aufgabe zufiel, in jeder Hinsicht die einschlägigen Studien vorzunehmen, und in der öffentlichen Meinung wurde der Wunsch, welcher auf die Entfernung sämmtlicher Flüsse aus der Lagune abzielte, immer lebhafter und reger. Aus dieser an Projecten so reichen Zeit mag als Curiosum erwähnt werden, dass ein gewisser Herr Pusterla vorschlug, die Piavemündung von Cortelazzo weg, in das Mündungsgebiet von Brondolo zu verlegen, und damit dieser Fluss auf dem weiten Umwege bis zum Meere bei Fossone in guter Gesellschaft sich bewegen könne, so solle man ihn auch die Livenza und „Tutti quanti“ von Meolo an bis zu dem Marzenego einverleiben. Schon damals war die Piave den Venetianern, und zwar deshalb unangenehm, weil man glaubte, dass die Sedimentablagerungen dieses windseits gelegenen Flusses vermöge der Küstenströmung sehr viel zur Verlandung der lagunaren Häfen beitragen. Wie schon öfters, so blieben die vielen Flussablenkungsprojecte auch diesmal unausgeführt.

Gelegenheitlich einer im Jahre 1762 von Cavalliere Angelo Emo unternommenen Generalinspicirung des ganzen Lagunengebietes wurde die obere Lagune in besonders schlechtem Zustande angetroffen und man schrieb diese Erscheinung fast vorwiegend dem schlammigen Wasser des Sile zu. Der „Rath der Zehn“ befahl deshalb im Jahre 1769 durch ein Decret die sofortige Schliessung des vorher erwähnten Businello an, und dieser Befehl wurde von den Ingenieuren in einer Nacht auch vollzogen.

Die Verschliessung des Sileentladers brachte alle alten Uebelstände wieder; in den Districten, welche an diesem Flusse liegen, wiederholten

sich die Ueberschwemmungen fast jedes Jahr, die Bodenversumpfungen nahmen zu und die Luft verschlechterte sich derart, dass die Gesundheit in diesen Districten zusehends abnahm. Die von diesen Uebelständen wieder neuerdings betroffene Bevölkerung der Terraferma recurrirte an der Senat von Venedig und beschwor denselben den Entlader Businello öffnen zu lassen und den Marzenego, welcher seit Jahren durch den Taglio di Osellino naturwidrig in die Lagune von Cona floss, die kürzeste Abflussrichtung anzuweisen. Alle Recurse und die sonstigen Beschwerden blieben erfolglos.

Nachdem sich die politischen Verhältnisse in Oberitalien mittlerweile geändert hatten, so recurrirten die Bewohner in derselben Angelegenheit an den Kaiser Napoleon I; dieser befahl zwar, dass die Eröffnung des Businello sofort erfolgen sollte, allein sein Decret blieb bei den damaligen politischen Wirren wirkungslos. Nach den Verheerungen, welche die Ueberschwemmungen der Flüsse Marzenego, Dese, Zero, Sile, Vallio, Meolo in den Jahren 1813 bis 1816 angerichtet hatten, recurrirten die davon betroffenen Bewohner der Terraferma an den Kaiser Franz I. von Oesterreich. Diesem Recurse wurde stattgegeben, die Wiedereröffnung des Businello im Jahre 1818 bewilliget und damals sogleich ausgeführt.

Wie bereits vorher angedeutet wurde, steht der schiffbare Silefluss, welcher von St. Michaele dell Quarto bis Capo di Sile 19·5 Kilom. und vom Capo di Sile bis zur Mündung 17·0 Kilom. lang ist, durch drei Schifffahrtsschleussen, u. z. durch die Schleusse von Tre Pallade, durch jene von Porte Grande und schliesslich durch die Schleusse von Cavallino mit der Lagune in Verbindung.

Die Commission für Verbesserung der Lagunen und Häfen von Venedig hat den Businello, durch welchen ein Theil des schlammigen Silewassers in die obere Lagune ausfliesst, gegenwärtig aus dem Grunde ein besonderes Augenmerk zugewendet, weil man allgemein glaubt, dass die Schlammablagerungen dieses Ausflusses der oberen Lagune grosse Nachtheile bringen. Da das weniger schlammige Wasser des Meolo und Vallio aus dem Fossellacanal durch den Wasserschlauch von Lanzoni frei in den Sile gelangt, während es andererseits nöthig wird, damit der Silewasserspiegel nicht zu hoch steigt, dafür einen Theil des Silewassers durch den Businello abfliessen zu lassen, so schlägt, um dem oben erörterten Uebelstande entgegenzutreten, Ingenieur Cav. Spadon der Commission vor, den Entlader Businello für immer schliessen zu lassen und dafür das Wasser des Meolo und Vallio, welches in den Fossellacanal und von dort in den Sile tritt, durch den Wasserschlauch „Lanzoni“

in einem unter der Sohle des Sile angelegten Aquaeducte (Siehe Taf. II den Wasserschlauch Lanzoni) in die, am östlichsten gelegene Partie der oberen Lagune direct abzuleiten. Durch diese Massregel wird dem Sile ein Theil des Wassers einerseits indirect entzogen, dieser Wasserverlust wird andererseits durch die Verschliessung des Businello wieder ersetzt und das schlammige Wasser dem offenen Meere direct zugeführt. Man glaubt, dass diese Massregel geeignet sein werde, den Wasserstand des Sile in der bisherigen Höhe zu erhalten.

Bezüglich der Piave wäre ausser dem bereits vorher Gesagtem noch zu bemerken, dass die in den Jahren von 1638 bis 1664 durchgeführten Flussverdrängungsarbeiten für die Erhaltung der oberen Lagune und der Häfen von Venedig von grosser Wichtigkeit waren. Die seinerzeitige Mündung dieses Flusses lag bei Piave vecchia, 12 Kilom. nordöstlich von Treporti entfernt; es ist daher erklärlich, dass die Schlammablagerungen dieses jugendkräftigen Flusses bei den dortigen atmosphärischen Verhältnissen auf die Gestaltung des Küstenlandes von Cavallino von grossem Einflusse gewesen sein mussten.

Die Mündung des Livenzaflusses lag zur Zeit, als die Piave noch durch den Porto Gesolo (auch Jesolo) sich in das offene Meer entladen hatte, ebenfalls in der Nähe der oberen Lagune. Die Verdrängung der Piavemündung nach Cortelazzo, zog auch die im Jahre 1655 nach dem Porto St. Margherita in den Lagunen von Caorle erfolgte Ablenkung des Livenzaflusses nach sich.

Dieser Abriss der zahlreichen Experimente über die Ablenkung der lagunaren Flüsse dürfte vorläufig genügen, um die riesige Arbeit schätzen zu lernen, welche aufgewendet werden musste, damit den Verlandungsgefahren der Lagune an der Landseite bisher begegnet werden konnte. Die Regierung der Republik scheute keine Mühen und keine Kosten, um ihren Nachkommen die berühmte Lagunenstadt zu erhalten. Im Laufe der letzten 5 Jahrhunderte allein wurden bei 2000 Millionen Francs in Gold oder 800 Millionen Gulden in öst. W. für die Flussablenkungsarbeiten ausgegeben — eine Summe, welche mit Rücksicht auf den damaligen Werth des Geldes, als eine sehr bedeutende bezeichnet werden kann.

Der gegenwärtige Stand der lagunaren Flüsse ist derart, dass, wie wir gesehen haben, die Brenta und der Novissimo nach 500 Jahren wieder in die untere Lagune einmünden, und die Stadt Chioggia mit ihren Anschwemmungen bedrohen. Der Marzenego entladet sich, mit Ausnahme des Wassers, welches demselben für die Canalschifffahrt entnommen wird, durch den Taglio di Osellino mit dem Dese und Zero

bei Cona in die obere Lagune. Ein Theil des Silewassers tritt durch den Businello in die Lagune von Torcello, während der Rest (Vallio und Meolo inbegriffen) durch den Porto Piave vecchia am Litorale Cavallino, 12 Kilom. nordöstlich von Porto di Treporti an das offene Meer abgegeben wird. Die Piave- und Livenzamündungen sind ebenfalls aus der Nähe der oberen Lagune verdrängt worden, erstere liegt 26 Kilom., letztere beiläufig 38 Kilom. von Porto di Treporti entfernt.

III. Die meerseitigen Anlandungen längs der venetianischen Küsten.

A. Einleitende Bemerkungen.

Bisher wurde gezeigt, dass die in dem Landstriche zwischen dem Po und Isonzo gelegenen Küstenflüsse enorme Materialmengen an das Meer abgeben. In weit reicherem Masse trägt jedoch, wie wir sehen werden, das Meer zur Umstaltung der nördlichen Adriaküsten bei.

Am Continente waren es die Temperatursextreme, die Luftströmungen und die Niederschläge, welche die Materialien der obersten Erdkruste lockerten, und sie zum Theile am Meeresstrande zur Ruhe brachten. Jene Niederschläge, welche die Luftströmungen über dem Meere entladen, bleiben auf die nachfolgenden Betrachtungen ohne Einfluss; wohl aber sind es die Winde, welche die oberste Wasserschichte des ruhenden Meeres kräftig aufwühlen, und die erregten Fluthen zur Umbildung der Küsten des festen Landes ansporuen. In dem vorliegenden Falle werden die Winde nicht nur für den Schiffer auf hoher See, sondern auch für den Beobachter am Meeresstrande von sehr grosser Wichtigkeit sein.

Bei den Anlandungsstudien längs der Küsten muss weiters noch der Erscheinung jener Bodenhebungen und Senkungen gedacht werden, welche vermöge der relativen Lage der Strandlinien der Meere zu den Objecten des festen Landes erkannt und beobachtet werden kann und welche den an einer Küste sich vollziehenden Umbildungsprocess je nach der Natur der thätigen Ursachen entweder zu fördern, oder auch zu verzögern geeignet ist. Es kann aber andererseits auch möglich sein, dass die relative Lage der Strandlinien des Meeres zum festen Lande sich nicht nur unter dem Einflusse der Bodenschwankungen ändert, sondern dass eine solche Aenderung, wie vorher bei der Besprechung des Alters des Po-Delta gezeigt wurde, auch durch die Schwankungen des Meeresniveaus erklärt werden könne. Beide Annahmen haben unter

gegebenen Bedingungen eine gewisse Berechtigung. Bei der Erörterung der Anlandungserscheinungen an der Meeresküste werden daher die Bodenschwankungen, soweit sie die Strandlinien der betrachteten Localitäten beeinflussen, ebenfalls in Betracht zu ziehen sein.

B. Einfluss der Meeresbewegungen auf die Anlandungen und auf die Umbildungen der Küsten.

1. Allgemeines über die Meeresbewegungen.

Die Meeresbewegungen treten namentlich in zwei Hauptformen vor den Beobachter; sie erscheinen entweder als Wellen oder als Strömungen; beide sollen, soweit es der vorliegende Zweck erfordert, gesondert betrachtet werden.

Der Begriff Strömung schon, schliesst dort, wo sie in dem Meere vorkommt, in sich, dass die Wassermoleküle derselben, gleich den continentalen Flüssen, eine merkliche Fortbewegungsgeschwindigkeit aufweisen; und es wird zur Lösung des vorliegenden Problems genügen, wenn mit Ausserachtlassung der grossen Meeresströmungen nur die Wellenbewegung und die Natur der Gezeiten- und der Küstenströmung der Adria näher erörtert wird.

„Die Wellen sind Unebenheiten an der Wasseroberfläche des in Unruhe versetzten Meeres.“ *) Der Entstehung der Welle können verschiedene Ursachen zu Grunde liegen. Entweder werden sie vom Winde erzeugt, oder sie können auch dadurch entstehen, dass unter dem Einflusse der Erwärmung der obersten Wasserschichten, durch ungleichmässige Verdunstung, durch den wechselnden Luftdruck, oder in Folge Einwirkung anderer Ursachen, das Gleichgewicht der ruhigen Wasseroberfläche gestört wird.

Die Theorie erklärt die Entstehung der Welle durch die Oscillationsbewegung der Grenzmoleküle. Die Bahnen, welche die letzteren beschreiben, sind derart beschaffen, dass die schwingenden Wassertheilchen innerhalb einer gewissen Zeit zum Ausgangspunkt wieder zurückkehren; dabei bleibt die horizontale Fortbewegungs-Eigenschaft des Wassers, ausser in solchen Fällen, welche wir später erörtern wollen — gänzlich ausgeschlossen; denn würde dies stattfinden, so müssten die im horizontalen Sinne bewegten Wassermoleküle die Schifffahrt aus dem Grunde bedeutend erschweren, weil die Schiffe immer die Tendenz hätten, der Richtung des bewegten Wassers folgen zu müssen. Bei der „Welle der hohen See“ ist daher zu berücksichtigen, dass die

*) Emy über die Bewegung der Wellen von C. Wiesenfeld. Wien 1839.

Grenzmoleküle, wenn sie nicht durch anderweitige Einflüsse gezwungen werden, den Ort ihrer Thätigkeit zu verändern — mit der Bahnbewegung an eine gewisse Stelle gebannt zu sein scheinen. Die Vorstellung darüber veranschaulichte schon Leonardo da Vinci durch das Beispiel der unter dem Einflusse des Windes wellenförmig bewegten Aehren eines Getreidefeldes. Die Aehren desselben wiegen sich und beschreiben Bahnen, wobei sie durch die Halme immer an den Erdboden festgehalten und genöthiget werden, die verschiedenen Bewegungen nur in der durch die Halme fixirten Sphäre vollziehen zu müssen. Noch deutlicher wird diese Erscheinung von Emy durch das Beispiel einer in bewegter Luft flatternden Fahne erklärt. Die wellenförmigen Ein- und Ausbauchungen durchlaufen die ganze Ausdehnung des Stoffes und dabei bleibt derselbe an der Stange befestiget.

Bei der Meereswelle (onda marina) macht es den Eindruck, dass die Erhebungen und Vertiefungen des Wassers vorwärts zu gehen scheinen. Diese scheinbar vorrückende Bewegung bezieht sich wohl auf die Gestalt der Welle, keineswegs aber auf die Wassertheilchen.*)

Wenn daher von der Fortpflanzung einer Welle gesprochen wird, so versteht man darunter die gleichmässige, ohne Form- und Geschwindigkeitsänderung erfolgende Aneinanderreihung von Wellenerhebungen und Vertiefungen. Jedes Molekül der Welle tritt, wie Merrifield sagt, in Verbindung mit dem gleichmässigen Fortschreiten der Welle.

Die Fortpflanzung der Welle hängt von der Weise ab, wie die Grenzmoleküle eines nach dem andern an ihrer Bewegung theilnehmen. Je schneller die Bewegung der Elemente erfolgt, um so rascher muss die Reihenaufeinanderfolge der Erhabenheiten (Wellenberge), und der Vertiefungen (Wellenthäler) sich vollziehen. Diese Erscheinung bezeichnet man mit dem Ausdrucke der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle.

Die Wellenbewegung, welche von der Theorie untersucht wird, stellt sich als eine einfache, regelmässige Bewegung dar, welche von einem Fortschreiten der Flüssigkeitsmoleküle nothwendigerweise nicht begleitet zu sein braucht. Die theoretische Welle ist die in hoher See

*) Nichts stellt, sagt C. Wiesenfeld in seiner Uebersetzung des Emy'schen Werkes über die Wellenbewegung (1839), das Fortrücken der Gestalt der Welle, ohne wirkliche Bewegung der Materie in der Richtung der Fortrückung, besser dar, als die Oberfläche einer Schraube, welche man zwischen zwei festen Punkten um ihre Achse dreht. Man bedient sich auch in den Theatern grosser gewundener Säulen, welche angemessen gemalt, horizontal gelegt, um ihre eigene Achse gedreht werden, damit die Bewegung der Wellen auf eine sehr täuschende Weise nachgeahmt wird.

durch Winde oder durch ein Gewitter erregte, ohne dass bei derselben eine Uebertragungsbewegung vorausgesetzt wird. Diese Art von Welle nennt der Seemann in Italien: „marvecchio," in Frankreich: „houle," in England: „ground-swell," in Spanien: „olas de leva." Im Deutschen dürfte diese Welle, weil sie die Grundtype aller übrigen Wellenformen darstellt, am besten mit dem Ausdrucke: „Welle der hohen See" oder „einfache Welle" bezeichnet werden. Die bei einigen Autoren hie und da übliche Bezeichnung „Grundwelle" hat, wie im Laufe der weiteren Erörterungen dargethan wird, eine ganz andere Bedeutung, sie stellt eine Welle vor, welche unter dem Einflusse der Reaction des Meeresgrundes aus der Welle der hohen See hervorgeht.

Werden die Wellen der hohen See durch den Wind oder durch ein Gewitter direct erregt, so gehen denselben andere Wellen voraus, welche Scott Russel den Telegraphen des Windes nennt. Derlei Wellen bereiten sowohl den Steuermann auf der See, als auch den Ingenieur bei den Bauten an der Küste auf das Eintreffen eines Sturmes oder eines bewegten Seeganges vor. Jene Art von Wellen, welche den direct erregten Wellen vorangehen, heissen in Italien im Gegensatze zu der früheren Bezeichnung: „marnuovo." Cialdi nennt eine vom Winde stark gepeitschte Welle: „maroso;" — wenn der Wind auf dieselben stark aber nicht vehement einwirkt: „flutto;" und ist weder der eine noch der andere Zustand dieser Erscheinung vorhanden, so bezeichnet er eine solche Welle mit dem Namen: „onda semplice" oder „einfache Welle," eine Type, von welcher bereits vorher Erwähnung geschah.

Die Wellen der hohen See (marvecchio) verlaufen immer abnehmend, jene des marnuovo werden, weil ihnen der Wind folgt, immer grösser. Die „marosi" oder „flutti" nehmen innerhalb gewisser Grenzen, je nach der Intensität des Windes oder nach der Ausdehnung und Tiefe des Meeres, — zu oder ab. Die onda semplice (einfache Welle) würde, weil sie nur eine gedachte ist, von unveränderlicher Form bleiben.

Es ist bisher noch nicht gelungen, eine vollkommen wissenschaftlich aufgebaute Wellentheorie derart aufzustellen, dass das allgemeine Gesetz der Bewegung der Meereswelle durch einen analytischen Ausdruck repräsentirt werden könnte. Je weiter die „einfache Welle der hohen See" gegen die Küste vorschreitet, desto complicirter wird ihre Form, desto verworrener und mannigfaltiger ihre Wirkung.

Soweit die Wellenbewegung untersucht wurde, um die aus diesen Untersuchungen erhaltenen Erfahrungsresultate bei der Schifffahrt anzuwenden oder sie für die Bauten am Meere auszunützen, geschah es auf synthetischem Wege. Aus der grossen Menge des Beobachtungs-

materiales wurden jene einheitlichen Vorstellungen abgeleitet, welche den wahrscheinlichen Gang der Meeresbewegungen am meisten verbürgen und klar legen. Mit Zugrundelegung der Oscillation der Flüssigkeitsmoleküle bestehen der Hauptsache nach über die Wellenbewegung zwei Theorien:

1. Die Theorie, welche die Verticaloscillation der Flüssigkeitsmoleküle der Welle voraussetzt, und zwar so, dass:

a) die Wassertheilchen wie in den Armen eines Hebers sich bewegen (Hebertheorie nach Newton), oder:

b) die Wassertheilchen einer Welle in ihren Positionen nebeneinander in verticalen Geraden bis zu einer, von der Intensität der Erregung der Welle abhängigen Höhe auf und ab oscilliren.

2. Die Theorie der Bahnbewegung der oscillirenden Moleküle, welche in Bahnen, die gewisse geschlossene Curven repräsentiren, vor sich geht. Diese sind:

a) nach Gerstner: entweder Kreisbahnen, oder

b) nach Emy: elliptische Bahnen.

Bei der Tendenz der vorliegenden Schrift wäre noch früher zu bemerken, dass eine analytische Erörterung der eben genannten Theorien, wovon übrigens keine dem physischen Zustande der natürlichen Welle der hohen See vollkommen entspricht, hier nicht vorgenommen wird. Die folgenden Darlegungen sollen lediglich nur dazu dienen, die späteren Erörterungen über den Antheil, welchen das Meer an der Umbildung der Küsten nimmt, zu erläutern und klar zu legen.

ad 1. Newton hat seine Anschauungen über die Wellenbewegung nicht durch Beobachtung gewonnen, sondern als Object des „invenire velocitatem undarum" vor sich gehabt. In seinen Untersuchungen setzt er voraus, dass das alternative Auf- und Absteigen der Wassertheilchen einer Welle der Bewegung des Wassers in den Armen eines Hebers ähnlich sei. Die Beobachtungen der practischen Seeleute widersprechen jedoch der Theorie Newton's. Uebrigens ist zu bemerken, dass Newton am Ende seines Buches: „über mathematische Principien etc. etc." beifügt, dass das Auf- und Absteigen der Flüssigkeitsmoleküle eher nach Kreisbögen als nach geraden Linien stattfinden müsse. Ausser ihm, haben Daniel Bernoulli (1757) und Andere mit der Theorie der Wellen sich beschäftigt.

De la Coudraye und Brémontier nehmen bei den Untersuchungen der Wellen, die Verticalbewegung der Moleküle an. Bremontier spricht bestimmt aus, dass die Wassermoleküle sich erheben und wieder herab-

fallen, ohne in Bezug auf die Oberfläche der Welle von der innehabenden Stellung zu verrücken, noch von der vertikalen Linie, in welcher die Oscillation vor sich geht, abzuweichen. Brémontier sagt weiters: *)

„In einem sehr tiefen Meere, wo die Wellen ohne Hinderniss „sich frei bewegen können, zeigt ein Korkstöpsel, ein Siegellack-„kügelchen, ein Stück Holz, und jeder auf der Welle schwimmende „Körper keine andere Bewegung, als die von oben nach unten, „und von unten hinauf; und wenn er sich ein wenig von der „Vertikalen entfernt, so ist es nur für einen Augenblick; er kehrt „stets wieder auf seine vorige Stelle zurück. . . . Diese leichte „Verrückung ist nichts Anderes, als die Wirkung der Schwere „jenes Theiles vom schwimmenden Körper, welcher über dem „Wasser steht, und herabzufallen strebt, auch wirklich herabfällt; „aber diese kleine Abweichung beeinträchtiget nicht die Wahrheit „des Grundsatzes. Wenn man einen Körper ins Meer wirft, dessen „specifische Schwere nur wenig grösser ist, als jene des Wassers, „so wird er um so langsamer untergehen, je kleiner der Unter-„schied der beiden Schweren ist, aber stets in einer Vertikalen.“ Diese Erscheinungen hält Brémontier für genügend, um weiter zu schliessen: „dass alle Elementchen, aus welchen eine Welle besteht „und welche unter sich im vollkommenen Gleichgewicht stehen, „nur vertical auf- und absteigen, ohne in ihrer Gesammtheit weder „eine Verrückung von der Verticalen, noch in Beziehung auf die „Oberfläche zu erleiden,“ und folgert weiters, „dass, wenn man „von einem festen Punkte aus an einem Faden einen Stock, der „sich stehend im Wasser erhalten kann, hinabhängen lässt, dieser „sicher keiner anderen Wirkung ausgesetzt ist, als jener der „Reibung des Wassers, indem es sich erhebt oder hinuntersinkt, „und dass ihm nur durch eine Strömung eine Bewegung mit-„getheilt werden könnte . . . ferner, dass, wenn man statt des „Stockes eine senkrechte Mauer sich denket, die über den Gipfel „der höchsten Welle reichet, derjenige Theil dieser Mauer, welcher „sich unter den Wellenthälern befindet, daher stets unter dem „Wasser bleibt, auch keiner anderen Anwirkung als der Reibung „durch die, sich senkrecht bewegenden Wellen, wie der Stock, aus-„gesetzt sein würde.“

*) Ueber Bewegung der Wellen und über den Bau am Meere und im Meere etc. von A. R. Emy.

Diese Betrachtungen und die von Brémontier und anderen Autoren gegebenen Erklärungen sind nicht streng richtig. Die Resultate des Stosses auf den Kiel eines Schiffes müsste nach diesen beständig vertical sein, was nur bei unbeweglichem und horizontalem Meere stattfinden kann. Dieser Fehler ist nach de Saint-Venant erst im Jahre 1861 wahrgenommen und von Froude berichtiget worden, welcher beobachtete, dass die wellenförmig bewegte Wassermasse sich aus vielen zu einander mehr oder weniger parallelen Schichten zusammensetzt, welche nothwendigerweise Niveauflächen sein müssen, und deren Characteristik selbstverständlich darin besteht, dass die Resultirende der Kräfte, welche die Wassermoleküle bewegen, in jedem Augenblicke auf das zugehörige Flächenelement der Welle normal stehen müsse. Die Resultante der Stosskräfte des Wassers wirkt daher auf ein Schiff wie bei vollkommen ruhiger See nicht vertical, sondern in jedem Augenblicke normal auf die gekrümmte bewegliche Oberfläche der Welle, auf welcher dasselbe schwimmt. Ausser diesen Einwendungen existiren noch eine Menge anderer Einwürfe, welche beweisen, dass diese Welle mit jener in der Natur in allem bisher Beobachteten nicht übereinstimmt.

ad 2. Anders ist es bei der Betrachtung jener Lehren über die Wellenbewegung, nach welchen angenommen wird, dass die Wassermoleküle in geschlossenen Bahnen oscilliren. Diese Theorie hat mit der einfachsten Form der Welle der hohen See die grösste Annäherung und ist derart zu denken, dass, wenn z. B. die Kreisbewegung der Flüssigkeitsmoleküle vorausgesetzt wird, die Halbmesser resp. die Axen der Bahnen der in einer Verticalen schwingenden Elemente der Welle gegen die Tiefe bis zu jener Grenze zu abnehmen, wo die Bahnbewegung der Moleküle dann ganz aufhört, und unter dieser Grenzfläche von dem erregten Meere nichts mehr wahrgenommen werden kann.

Unter der Zeitperiode einer Schwingung ist jene Anzahl von Secunden zu verstehen, welche ein Molekül braucht, um die ihm vorgeschriebene Bahn vollständig zu durchlaufen.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass die Bahngeschwindigkeit der schwingenden Wassermoleküle mit der Tiefenlage immer mehr abnimmt; und dabei ist zu bemerken, dass die Schwingungen der Welle von der Oberfläche gegen die Tiefe zu selbst dann noch anhalten, wenn die erregende Ursache schon längst zu wirken aufgehört hat. Dieses Phänomen, sagt Merrifield, gleicht einer sich entfernenden Militärmusik, won welcher uns zuletzt nur der rhytmische Tonfall mehr erreicht, während das Motiv aus der Tragweite des Gehöres schon längst verschwunden ist.

Die Thätigkeit der Moleküle der erregten Welle hat man sich nach dem bisherigen Stande der Forschung derart vorzustellen, dass sämmtliche zu einer Welle gehörigen Moleküle zugleich, dabei aber jedes für sich in Bahnen (Kreisen oder Ellipsen) oscilliren, so dass jene Moleküle, welche der Wasseroberfläche am nächsten gelegen sind, die grössten Bahnen beschreiben. Die Axen dieser Bahnen nehmen, wie gesagt, in jeder Verticalen bis zu einer gewissen Tiefe so lange ab, bis die Wirkung der erregten Welle Null wird. Die Axen der Bahnen der oscillirenden Wassermoleküle gehen in Punkte über, und der Complex derselben ergibt jene unendlich dünne Molekülschichte, unter welcher sich das Meer in vollkommener Ruhe befinden soll. In dem Organismus einer ganzen Welle müssen daher die Complexe der jeweilig in ihren Bahnen nach abwärts schwingenden Moleküle das „Wellenthal," und die Complexe jener Moleküle, welche der höchsten Stelle der Bahn zustreben, die „Wellenberge" bilden.

Da weiters die Axen der Bahnen der schwingenden Moleküle von der Oberfläche gegen die Tiefe zu abnehmen, so ist es erklärlich, dass es Bahnen schwingender Moleküle geben muss, deren Axen gleich gross sind; so dass man sich die Welle gegen die Tiefe zu in Schichten zerlegt denken kann, in welchen die Moleküle mit gleicher Geschwindigkeit schwingen müssen. Diese Flüssigkeitsschichten sind am Gipfel weiter von einander entfernt, und nähern sich gegen die Höhlung der Welle zu. Wenn man daher die verschiedenen Wellenschichten von der Oberfläche gegen die Tiefe der Welle zu verfolgt, so werden die Wellenberge derselben immer kleiner, die Wellenthäler immer flacher, bis endlich die bewegten Schichten der Welle in jene Schichte übergehen, unter welcher die Flüssigkeitsmasse in vollkommener Ruhe sich befindet.

F. v. Gerstner legte dar, dass im Allgemeinen die „Trochoide" die typische Form der in hoher See erregten Meereswellen sei, und Merrifield fügt hinzu, dass in der Erforschung von Erklärungsgründen über die Wellenbewegung dadurch ein grosser Fortschritt gemacht wurde. Die „Trochoidalwelle" (ondo trochoidale, trochoidal wave) hat, wie gesagt, die grösste Annäherung an die natürlichen, durch ein Gewitter auf hoher, tiefer See erregten Wellen, was auch schon de la Coudraye, Brémontier und andere Gelehrte angenommen haben. Es ist selbstverständlich, dass, wenn die Schwingung der Wassermoleküle in Verticalkreisen, welche mit gleicher Geschwindigkeit auf einer Geraden sich bewegen (wobei, wie bereits bemerkt, die Kreise gegen die Tiefe zu immer kleiner werden), erfolgt, das Verticalprofil der Welle als Cykloide, ein specieller Fall der Trochoide sich darstellt.

Der französische Oberst Emy machte in seinem im Jahre 1831 veröffentlichten Werke über die Wellenbewegung die Erfahrung, dass ein eingetauchter Körper, welcher leichter als das Wasser ist, beim Passiren der Welle geschlossene Curven beschreibt, welche keine Kreise, sondern, wie gesagt, Ellipsen sind, deren Axen sich gegen die Tiefe der Welle zu ebenfalls verkleinern müssen. Dieselbe Bahnbewegung der Moleküle unter der Wasseroberfläche, bestätigt auch Aimè durch seine in der Rhede von Algier gemachten Erfahrungen.

Die eben gegebene Darlegung ändert an dem früher Besprochenen nichts, oder nur insoferne, als man es bei der Bewegung der Moleküle in der Welle, anstatt mit Kreisen, mit elliptischen Bahnen zu thun hat.

Die bisher erörterten Wellentheorien legen den Untersuchungen über die Wellen, den atmosphärischen Druck, die Schwerkraft, die Centrifugalkraft als wirkend zu Grunde; dabei wird angenommen, dass in den Molekülen der Welle keine Uebertragungsbewegung vorhanden sei. Hinsichtlich der Eigenschaft der Uebertragung der Welle bemerkt Merrifield, dass in der Natur eine fortschreitende Bewegung der Wellenmoleküle immer besteht, obschon sie sehr klein ist, und für eine Annäherung vernachlässiget werden könne; und wir werden sehen, dass der Nachweis der Eigenschaft der Uebertragungsbewegung der Wassermoleküle für die späteren Betrachtungen von grosser Wichtigkeit sein wird. In dieser Hinsicht ist die Trochoidalhypothese fehlerhaft. Eine Uebertragung findet selbst auf hoher See, wenn sie auch gering ist, immer statt, besonders dann, wenn die Welle vom starken beständigen Winde verfolgt wird. Cialdi nennt diese Bewegung: „fluttocorrente al largo“ und bestätiget durch viele instructive Beispiele, dass auch bei nicht gebrochener Welle des hohen Meeres eine Uebertragungsbewegung vorhanden sei, mit welcher in der Praxis gerechnet werden müsse. Merrifield bemerkt: „nachdem Cialdi die Existenz des „fluttocorrente“ ausserhalb des Feldes der Hypothese wahrgenommen habe, so muss die Bildung des „fluttocorrente“ nothwendigerweise von einer übertragenden Bewegung begleitet sein, und es gibt in der oscillirenden Bewegung der Wassermoleküle nichts, was eine Uebertragung hemmen könnte.“ Aus diesem ist zu ersehen, dass die bisherigen Wellentheorien mit dem physischen Zustande der Welle nicht genau übereinstimmen.

In der Theorie wird weiters von den Elementen des Ortes und der Zeit, von der Nähe des Festlandes, welche die regelrechte Einrichtung der Welle besonders beeinträchtigen, abgesehen. Die trochoidale Welle wird daher in den späteren Betrachtungen hinsichtlich ihrer Thätigkeit wesentliche Modificationen erleiden müssen. Die Abnahme

der Wassertiefe ist eine weitere Ursache der Beeinflussung der trochoidalen Wellenbewegung, namentlich verändert sich die Welle in der Nähe des Festlandes, wo bei der allmählichen Verengung des Querschnittes, in welchem die Flüssigkeit der normalen Welle thätig sein sollte, sich durch Umsetzung derselben Strömungen erzeugen, welche Cialdi: „fluttocorrente a terra“ nennt.

Die Normalwelle der hohen See wird in ihrer Thätigkeit auch durch den ungleichen Meeresgrund beeinflusst, wobei verwirrtes Wasser entsteht. Durch den Stoss der oscillirenden Wassermoleküle am Meeresgrunde wird diese Bewegung zum Theile in Arbeit umsetzt, und aus der Trochoidalwelle ist eine complicirte, zusammengesetzte Welle entstanden.

Eine weiters zu erwähnende Wellentheorie ist jene des Professors Georg Gabriel Stokes, welcher in seinen analytischen Untersuchungen ausser den erörterten Elementen auch die Eigenschaft der horizontalen Uebertragungsbewegung der Wassermoleküle berücksichtiget Es würde zu weit führen, zwischen dieser Theorie und jener der Trochoidalwelle Vergleiche anzustellen.

Stockes Wellentheorie ist in Cambridge Philosophical-Transactions VIII. Band, Jahr 1847, zu finden. Merrifield schreibt in einem Briefe an Cialdi: „Ich habe neulich mit einigem Kummer „den Versuch über „die Wellen“ des Professors Stokes (datirt von 1847) studirt, und „obwohl ich auf den ersten Blick viele Zweifel darein setzte, wurde ich „doch zum Widerrufe gebracht, indem ich zugab, dass er eine Lösung „des Problems gegeben habe, welche die physischen Zustände der Welle „genauer darstellt, und der Molekülartheorie der vollkommenen Flüssig„keiten mehr angepasst ist als jene „Trochoidale.“

Es sind, bemerkt Cialdi hinsichtlich der Bewegung der Wassermoleküle, ob jetzt dieselben vertical oscilliren, pendeln, in Heberarmen schwanken oder in Bahnen, seien es Kreise oder Ellipsen, sich bewegen, auch nothwendig — bei der Betrachtung der Natur einer Welle hauptsächlich zwei Ursachen zu berücksichtigen.

Die erste zu berücksichtigende Ursache besteht in jener unendlich grossen Anzahl von Molekülen, welche bei Tage durch Erwärmung, des Nachts durch Abkühlung der Wasseroberfläche, in auf- und absteigender Bewegung erhalten werden. Diese Thätigkeit ist zwar in grossem Massstabe nur in stiller See möglich; bei bewegter Wasseroberfläche ist die Abkühlung zwar geringer, nichtsdestoweniger wiederholt sich auch in diesem Falle das Spiel des Sinkens der abgekühlten Wassertheilchen. Die zweite Ursache, welche zu berücksichtigen wäre, sind die Strömungen,

welche je nach der Natur der Erregungsgründe gegen die Tiefe zu abnehmen. Die im horizontalen Sinne erfolgende Bewegung einer Strömung beeinflusst die Wasserbewegung in ihrer oscillatorischen Thätigkeit ebenfalls.

Alle Theorien erklären die Bewegung der Meereswelle nur bis zu einem gewissen Grade, dem physischen Zustand derselben jedoch entspricht, namentlich in der Nähe des Landes, keine vollständig. Zu den unsicheren Elementen über die Ausdehnung und Richtung der Welle, Bewegung der Moleküle in den Wellenbergen und Wellenthälern, ist ausser der Nähe des Landes, auch die Reaction des Meeresgrundes, die Kraft, die Richtung, sowie der Einfallswinkel des Windes, zu berücksichtigen.

Die Veränderungen, welche die Welle der hohen See in der Nähe des Festlandes erleidet, können in allen Eigenheiten, wie sie für den vorliegenden Fall zur Betrachtung der Vorgänge an den Küsten nothwendig werden, in keinen analytischen Ausdruck gekleidet werden. So nützlich die bisherigen Forschungsresultate über die Wellenbewegung für die Schiffbaukunst sind, zur Klärung jener Ereignisse, welche an den Küsten unter dem Einflusse des bewegten Meeres vor unseren Augen sich vollziehen, können dieselben wenig beitragen. Das Individuum der Welle der hohen See zertheilt sich in der Nähe des Landes, und erwirbt mehr oder weniger eine übertragende Bewegung. Die trochoidale Schichtung der Welle der hohen See wird in der Nähe des Festlandes durch eine Menge Transversalbewegungen alterirt, sie muss sich dort umbilden, und in diesem Zustande erst ist sie fähig, Actionen zu verrichten, wofür die Erklärungsgründe bisher in ganz anderen Erscheinungen gesucht wurden.

Nachdem man aber bei den Studien über die Umbildung der Küsten mit der analytischen Betrachtung der Welle zu keinem Ziele kommt, so muss man den viel sichereren Weg der Erfahrung betreten, und durch synthetische Bearbeitung des reichlich vorhandenen Beobachtungsmateriales den Wegweiser zu finden trachten, nach welchen Gesetzen die Wellen das Land zerstören, oder Land anhäufen, und nach welchen Regeln demzufolge unsere Wasserbauten an den Meeresküsten am zweckmässigsten anzulegen sein werden. Dabei wird es aber bei den weiteren Auseinandersetzungen gut sein, sich die trochoidale Welle der hohen See aus dem Grunde vor den Augen zu halten, weil dem weiteren Gange der kommenden Entwicklungen leichter zu folgen sein wird, wenn man sich alle Modificationen, welche die Welle in der Nähe des Festlandes durchzumachen bemüssiget ist, aus einem Individuum entstanden denkt.

Bevor zu weiteren Auseinandersetzungen über die Thätigkeit der Welle übergegangen wird, soll noch vorher untersucht werden, ob die Meeresströmungen, wie sie gewöhnlich in der Adria vorkommen, überhaupt im Stande sind, auf die Umbildung der Küsten und auf den dortigen Transport der Materialien einen wesentlichen Einfluss auszuüben. Für den vorliegenden Fall dürfte es genügen, wenn

2. Die Strömungen

und zwar: a) die Gezeitenströmung,

b) die Küstenströmung (Litoralströmung der Adria)

einer eingehenderen Besprechung unterzogen werden.

a) Die Gezeitenströmung.

Die Gezeitenwelle (onda marea, tide wave) ist bekanntlich jene grosse Welle, welche an den Gestaden der Meere täglich regelmässig erscheint, und deren Umlauf in 12 Stunden vollendet wird. Es ist weiters eine bekannte Thatsache, dass die Gezeitenwelle sich in kleinerer oder grösserer Entfernung von dem Ufer, je nach der Lage des Ortes, der Form der Küste, oder aus Mangel an Wassertiefe zum Theile umbildet, so zwar, dass die Flüssigkeitsmasse in Folge dessen eine merkliche Uebertragungsbewegung erlangt. Die Geschwindigkeit der Gezeitenwelle erreicht im Ocean circa 3·7 Kilom. (2 Miglien) per Stunde; wo grosse Hindernisse vorhanden sind, reducirt sich dieselbe auch auf 6 bis $10^{\text{met.}}$

Vermindert sich bei der Gezeitenwelle wegen vorhandener Hindernisse die Fortpflanzungsgeschwindigkeit, so vergrössert sich dadurch die Uebertragungsgeschwindigkeit.

Jene Eigenschaft der Gezeitenwelle, vermöge welcher die Wassertheilchen derselben bei der Umbildung ein merkliches Uebertragungsvermögen erlangen, nennt Cialdi: „mareà corrente“ oder Gezeitenströmung.

Es entsteht nun die Frage, ob die Gezeitenströmung im Stande sei, den Meeresgrund zu beeinflussen, und ob sie in Folge des bei der Umbildung erlangten Uebertragungsvermögens es vermag, die Materialien am Meeresgrunde anzugreifen und fortzubewegen.

Die Thätigkeit der Gezeitenströmung fängt von der Küste an gerechnet, in der Entfernung von circa 28 bis 36 Kilom. (16—20 Miglien) im Meere an fühlbar zu werden; in der Nähe des Landes wird dieselbe unter dem Einflusse der Küstenströmungen modificirt, oder sie bildet sich um, ohne aber in Folge dieses Umbildungsprocesses dabei den Häfen nachtheilig zu werden.

Es wurde beobachtet, dass die Gezeitenströmung keinen Einfluss auf den Meeresboden auszuüben vermag (wenn dieses stattfinden würde, so müsste sich das Wasser, sobald die Gezeiten eintreten, trüben) zudem erreicht sie an vielen Orten nicht einmal den Meeresgrund und sehr oft wird dieselbe durch äussere Kräfte, sowie andere Zufälligkeiten, wie Luftdruck, Winde u. s. w. sehr stark beeinflusst.

Es ist auch kaum möglich, dass die Gezeitenströmung bei der vorher angegebenen Geschwindigkeit fähig wäre, Materialien selbst der leichtesten Sorte fortzubewegen.

In England und Frankreich wurde in dieser Hinsicht durch Experimente nachgewiesen, dass:
um weiche Erde fortzuschaffen, eine Wassergeschwindigkeit von 0·15 met.,
„ Sand „ „ „ „ 0·305 met.,
„ grössere Steine „ „ „ „ 0·975 met.
per Secunde nöthig ist. Bei gleicher Geschwindigkeit ist das Fortschaffungsvermögen des Seewassers um $^1/_{40}$ grösser, als jenes des Süsswassers. Die Geschwindigkeit der Gezeitenströmung müsste in Vergleich zu den eben gemachten Angaben, wenn sie überhaupt Materialien fortzuschaffen im Stande wäre, bedeutend grösser sein, als sie es in der That ist. Nichtsdestoweniger kann die Gezeitenströmung durch Kunstbauten derart umgebildet werden, dass sie dabei ein verhältnissmässig bedeutendes Fortschaffungsvermögen zu erlangen im Stande ist. Ein in dieser Hinsicht sehr instructives Beispiel gibt der künstlich eingedämmte Hafencanal von Malamocco bei Venedig, wo in dem von Steindämmen begrenzten Canalprofile der aus dem Lagunenbecken tretende Gezeitenrückstrom ein solches Fortschaffungsvermögen erlangte, dass er die dortigen Sandbarren wegzutreiben vermochte.

---

*) Minard, Sganzin u. a. m. haben durch viele Beobachtungen nachgewiesen, dass die Gezeitenströmung fast keine Fortschaffungskraft besitze. — Der Geologe De la Beche hat sich mehr als jeder Andere mit dem Gegenstande beschäftigt. Er beweist durch viele Thatsachen, dass die Gezeitenströmung mit einer Geschwindigkeit von 3·6 bis 5·4 Kil. (2—3 Migl.) per Stunde über Sand- und Schlammboden geht, ohne dass diese Materialien bewegt werden würden. Er sagt: den Seeleuten sei es wohl bekannt, dass die Geschwindigkeit dieser Strömung den Meeresboden nicht alterirt.

**) Agrippa bemerkt schon im 16. Jahrhundert, dass der Scirocco durch das Blasen während einer Dauer von 7 bis 8 Tagen soviel Wasser in die Adria bringt, dass die Fluthen sehr hoch werden, und dass z. B. der Marcusplatz in Venedig dabei oft mit einer 2 Ellen tiefen Wasserschichte überschwemmt wurde.

Die gegebenen Bemerkungen werden zur Genüge andeuten, dass die Gezeitenströmung auf die fühlbaren Verlandungen, oder auf den Transport von Materialien an Küsten keinen merkbaren Einfluss ausübt, es sei denn, sie werde durch Kunst, oder durch die entsprechende Configuration der Küsten so umgesetzt, dass sie den Werth einer wirklichen Strömung erlangt.

b) Die Küstenströmung (Litoralströmung).

Im nördlichen Theile der Adria ist die Küstenströmung bei den Hydraulikern unter dem Namen Litorale auch radente (dicht vorbei streichend), bekannt. Bekanntlich bewegt sich dieselbe, wenn der Beschauer gegen das Meer gewendet ist, von links nach rechts. Von Dalmatien kommend, streicht sie an der nördlichen Küste der Adria mit einer Geschwindigkeit von 5·4 bis 7·4 Kilom. (3—4 Miglien) in 24 Stunden, oder bei der Annahme von 7·4 Kilom in 24 Stunden mit der Geschwindigkeit von 0·085$^{met.}$ per Secunde gegen die italienische Küste hin. Im eigentlichen Mittelmeere bewegt sich dieselbe Strömung mit einer Geschwindigkeit von 14·4 Kilom. (8 Miglien) in 24 Stunden.

Bezüglich der Tiefe der Küstenströmung herrscht im Allgemeinen die Muthmassung, dass sie nur bis 8$^{met.}$ unter die Meeresoberfläche reichen könne. Welche Geschwindigkeit die Wassertheilchen der untersten Schichte derselben besitzen, ist nicht genau bekannt. Cialdi glaubt, dass die Tiefe der durch die Litoralströmung bewegten Wasserschicht im Meere, kaum die Hälfte des eben angegebenen Werthes, nämlich 4$^{met.}$ betrage.*)

Dasselbe Bewegungsgesetz, welches für die Süsswasserströme gilt, muss auch für die Litoralströmung gelten. Die Geschwindigkeit des Wassers muss sich auch bei der Küstenströmung von der Oberfläche

*) Am 24 August 1857 befand sich Cialdi auf einem kleinen, ausserhalb des Hafens von Clementino verankerten, circa 500$^{met.}$ vom Lande entfernten Dampfer, und sah bei einer Wassertiefe von 3·8$^{met.}$ den Meeresgrund sehr deutlich. Wind und Meer waren ruhig. Die langen Aeste der den Meeresgrund bedeckenden Algen waren gekrümmt und senkrecht zur Küste geneigt, also von West nach Ost gerichtet. Wenn die Küstenströmung bis zu jener Tiefe Einfluss gehabt hätte, so wären die Algen parallel zur Küste, demnach in der Richtung von Nord nach Süd gestanden. Da die Algenspitzen circa 2·6$^{met.}$ unter der Meeresoberfläche waren, so muss man nach den gegebenen Thatsachen glauben, dass die Küstenströmung in dieser Tiefe keine fühlbare Wirkung auszuüben vermochte.

an gegen die Tiefe zu vermindern, so zwar, dass die am Meeresboden streichende Wasserschichte, denselben bei der geringer gewordenen Geschwindigkeit der Wassertheilchen um so weniger beeinflussen kann. Dies wird auch mit der Geschwindigkeit der Strömung am Grunde der italienischen Lidi der Fall sein müssen. Nach Bourguignon - Duperé's Ermittlung kann die Geschwindigkeit derselben Strömung in der Nähe des Hafens von Cette höchstens mit 0·15$^{\text{met.}}$ per Stunde angenommen werden.

Bezüglich der Entfernung des Stromstriches der Küstenströmung von der Meeresküste steht in „Portolano dell mare Adriatico von Marieni," dem Führer in der Adria, verzeichnet, dass die venetianischen Schiffe, damit sie von der Küstenströmung den grössten Vortheil ziehen können, sich während der Fahrt meistens 5·4 Kilom. (3 Miglien) von dem Strande entfernt halten müssen, woraus zu ersehen ist, mit wie wenig Recht diese Strömung als radente (dicht an der Küste streichend) bezeichnet werden kann.

Die Küstenströmung entfernt sich je nach der Configuration des Meeresbodens, je nach der Richtung, welcher sie folgt, mehr oder weniger von der Küste, oder sie nähert sich derselben. An Vorgebirgen ist sie auf die Distanz von 10·8 Kilom. (6 Miglien) von der Küste entfernt noch kaum fühlbar; in stark gekrümmten ausgedehnten Buchten sind die Wassertheilchen derselben auf die Distanz von 18 Kilom. (10 Migl.) noch nicht in dem Zustande der völligen Ruhe.

Die Küstenströmung wechselt in der Adria sehr leicht unter dem Einflusse conträrer Winde, die letzteren sind auch im Stande, ausserordentliche Strömungen zu erzeugen. Wehen die Winde vom Lande her, so entfernt sich die bestehende Küstenströmung mit Leichtigkeit von der Küste, dabei erbreitert sie sich auf Kosten ihrer Geschwindigkeit; anderseits drängen die meerseitigen Winde die Küstenströmung gegen die Küste. Sehr fühlbar wird dieselbe, sobald Nordost oder Ostwinde wehen, weil in dem Falle die Richtungen der thätigen Winde mit jener der Küstenströmung (was an der Nordküste der Adria der Fall ist) zusammenfallen. Treten conträre Winde auf, so steht diese Strömung

*) De la Beche sagt: Die Reibung des über seinem Bette laufenden Wassers ist sehr beträchtlich, und keine Meeresströmung kann am Meeresgrunde die nämliche Geschwindigkeit, wie an der Oberfläche haben. Wäre es anders, so müssten die vom Meere erzeugten Strömungen längs des grössten Theiles der Ufer nur aus trüben Wassermassen bestehen, indess sieht man bei ruhigem Wetter, dass das Wasser seine Klarheit stets beibehält.

stille, wie aber die Kraft und Dauer der Winde anhält, so schlägt die Strömung sogar um, und beginnt in der Windrichtung zu fliessen.

Aus diesen Darlegungen wird es klar, dass die Küstenströmung, weil sie schon bei den geringsten Einflüssen Veränderungen unterworfen ist, auf die Anlandung und Umbildungen des Landes an den Küsten keine bedeutende Wirkung ausüben könne. Bei jeder Gelegenheit sind es immer nur die vom Winde erregten Meereswellen, welche bei der Verrichtung der ungeheueren Anlandungsarbeiten die Oberhand behalten müssen.

Die eben erörterte Küstenströmung bildet sogar die Basis eines vollständigen Lehrsystems, nach welchem die Herrschaft dieser Strömung über den Materialtransport, die Verlandungen der Häfen, die Anlandungen an den Küsten, überhaupt die meisten Umbildungen bisher erklärt und gedeutet wurden. Die betreffenden Theorien, welche sich durch 1½ Jahrhunderte behaupteten, sind von Montanari in zwei, im Jahre 1684 an den Cardinal Basadonna gerichteten Briefen niedergelegt, und im Jahre 1715, also 28 Jahre nach dem Tode Montanaris unter dem Titel „Pensieri sul mare Adriatico e sua corrente" veröffentlicht worden. Montanari behauptet, dass die im Meere von den Winden erregte Wellenbewegung nur scheinbar sei, dass der Einfluss derselben sich nur auf geringe Tiefen unter dem Meeresniveau erstrecke, und dass sie auf die Bewegung und den Transport der Materialien an der Küste einen sehr geringen Einfluss nehme. Der Grund für die Anlandungen längs der Küsten der Adria, die Verlandung der Häfen, sowie aller Veränderungen, welche sich auf die Flussarme an den Mündungen und auf die Lagunenausflüsse erstrecken, seien einzig nur in der eben betrachteten Küstenströmung zu suchen, und nach seiner Ansicht beeinflusst die Küstenströmung als radente (dicht vorbeistreichend, oder dicht daran) auch die Wasserbauten an den Strandufern. Paleocapa erwähnt daher, das progressive merkliche und regelmässige Vorschreiten auf dem ganzen nördlichen Küstenstriche der Adria sei nicht anders zu erklären, als durch die Action der Wasserbewegung nächst der Küste, durch den „moto radente." — Diese Ansichten der Montanaristen bekämpft Cialdi in seinem schon eingangs hervorgehobenen Werke.

Es kann aber auch die Küstenströmung bei der geringen Geschwindigkeit und Tiefe, und da der Stromstrich (wo doch das Wasser derselben am bewegtesten), so weit aus dem Felde der Küste und der dort situirten Wasserbauten gelegen ist, unmöglich die Wirkungen hervorbringen, wie sie Montanari annimmt. Schon der Vergleich der Geschwindigkeit der Küstenströmung mit der früher

erfahrungsgemäss angegebenen Wassergeschwindigkeit, welche überhaupt nöthig ist, um die Materialien zu bewegen, schliesst die Wahrscheinlichkeit solcher Effecte aus. Es ist vielmehr unsere innerste Ueberzeugung, welche wir durch jahrelanges Beobachten im Gebirge und am Meere gewonnen haben, dass die massgebenden Vehikel zu dem Umbildungsprocesse an der Küste der Adria, in Thätigkeiten des Meeres zu suchen sind, welche wir nach und nach entwickeln wollen. Dasselbe Meer, in welchem die Theorien Montanari's geboren wurden, bringt eine solche Menge von Gegenbeweisen, dass man angesichts dessen, den von den Montanaristen der Küstenströmung beigegebenen Eigenschaften in vollem Umfange nicht beipflichten, und nur beistimmen kann, dass die Küstenströmung allenfalls dann einen fühlbaren Antheil an den Anlandungs- und Umbildungsarbeiten der Küste habe, wenn sie von der Wellenbewegung des Meeres in dieser Action unterstützt wird.

Paleocapa gibt in späteren Jahren selbst zu, dass die geringe Geschwindigkeit der Küstenströmung nur im Stande sei, den Sand für kurze Zeit schwebend zu erhalten, worauf derselbe niederfällt; setzt aber hinzu, dass die Materialpartikel von den Wellen neuerdings gehoben, von der Strömung ergriffen, und wieder ein kurzes Stück vorwärts geschoben werden. Diese Art der Erklärung würde den Materialtransport mit Zuhilfenahme der Wellen bereits zugeben, es ist nur zu bezweifeln, ob die Küstenströmung bei der geringen Geschwindigkeit es vermag, die durch die Welle gehobenen Materialpartikel solange schwebend zu erhalten,*) bis die schwache Küstenströmung Zeit findet, die bewegten Stoffe vorwärts zu schieben, und das frühere Spiel zu wiederholen.

Den Hauptantheil an der Umbildung der Küsten der Adria nehmen immer die vom Winde erregten Meereswellen. Alexander de Gras schon legt auf die Winde besonderen Werth. Er bemerkt (und ein Blick auf die Tabelle III über das absolute Eintreffen der Windströmungen in Venedig belehrt), dass in der Adria der Nordost (Bora), dann die Südostwinde (Scirocco) (siehe Fig. 2 Taf IV) am häufigsten, hingegen die Westwinde mit geringerer Kraft auftreten. Es verhält sich in der Adria die Dauer der westlichen Winde zu jener der östlichen wie 1 : 3 — woraus wahrzunehmen ist, dass überhaupt die Ostwinde es sind, welche der Wellenbewegung des adriatischen Meeres eine besondere Dauer und

*) Am Mississippi wurde die Beobachtung gemacht, dass die darin schwebenden Materialtheilchen erst dann zu sinken beginnen, sobald sich die Wassergeschwindigkeit unter 0·158$^{\text{met.}}$ (0·5 Fuss) in der Secunde vermindert hat.

Kraft verleihen. Ausserdem finden die Wellen in der physischen Beschaffenheit der sandigen, einförmigen und geradlinigen Ufer, an den vielen sedimentreichen Flüssen ebenfalls eine hinlängliche Unterstützung um das Feld der Anlandungen kräftig zu cultiviren. Die Bora macht das Meer mit einem Schlage bewegt, und wenn sie im Quarnero bläst, so schwächt sie sich auf hoher See zwar ab, die erregten Wellen jedoch pflanzen sich bis zur italienischen Küste fort. Dem Scirocco geht ein starker Wellengang voraus, er bläst stark, das von ihm erregte Meer verstärkt sich in seinen Bewegungen continuirlich und wird furchtbar. Während zwei Drittel der Zeit eines Jahres wehen in der nördlichen Adria östliche und südöstliche Winde mit grösserer oder geringerer Gewalt, und werden jene Tage gezählt, welche solchen Meereserregungen vorangehen oder nachfolgen, so bleibt fast keine Zeit übrig, in welcher die Wellen nicht thätig wären, — ein ruhiges Meer ist überhaupt äusserst selten.

3. Untersuchungen über die Ursachen der Materialbewegung an den Meeresküsten mit Zugrundelegung der Wellenbewegung.

Im Laufe der Betrachtungen über die Wellenthätigkeit an den Meeresküsten wird es nothwendig:

A) vor allem die Natur der Materialien kennen zu lernen, welche durch das erregte Meer innerhalb der Anlandungszone bewegt, und an den Küsten zur Ruhe gebracht werden;

B) das Vehikel, nämlich die Welle zu untersuchen, und die Art und Weise kennen zu lernen, nach welchen Gesetzen die Materialbewegungsarbeiten an den Küsten vor sich gehen.

A) Die Anlandungszone, ihre Grenzen und die vorhandenen Materialien.

Es wurde schon früher Erwähnung gethan, dass die Welle der hohen See nicht genüge, um die an den Küsten vorkommenden physikalischen und dynamischen Wirkungen zu erklären; der innere Zusammenhang der Welle hat sich in der Nähe des Festlandes geändert, sie besitzt nicht mehr die Eigenschaften wie in dem tiefen Wasser der hohen See. Unter dem Einflusse des Windes, der Reaction des Meeresbodens, der Nähe des festen Landes, ist die Welle der hohen See eine andere geworden, sie ist in ihrem ursprünglichen Gleichgewichtszustande gestört, ändert Richtung und Fortpflanzungsgeschwindigkeit, und während dieses Umbildungsprocesses verrichtet sie — wie die Beobachtungen nachweisen — sehr bedeutende mechanische Arbeiten.

Die wirksamste Thätigkeit der Welle concentrirt sich in dem nächst der Strandlinie gelegenen Streifen des Meeresgrundes. Die Breite des Feldes jener Zone, wo unter dem Einflusse der Wellenbewegung des Meeres am Meeresboden die grösste Materialbewegung stattfindet, wird durch jene Meerwassertiefe fixirt, in welcher die thätige Welle im Stande ist, mit ihrer Basis den sedimentären Boden zu erreichen und anzugreifen. Ein ähnlicher Vorgang findet auch auf dem Festlande statt, wo unter dem Einflusse des einfallenden Windes, je nach dem Einfallswinkel der Bodenstaub innerhalb gewisser Grenzen aufgewirbelt und davongetragen wird; jene Staubtheilchen hingegen, welche der Wind nicht mehr erreichen kann, bleiben, da sie ausserhalb der Wirkungssphäre seiner Thätigkeit sich befinden, ganz ruhig liegen. Dasselbe, was der Wind am Lande vollbringt, das verursachen am Grunde des nächst der Küste gelegenen Meerstreifens die Wellen durch Beeinflussung der dort liegenden Sedimente. Targioni nennt diese Zone: „ghirlanda di terreni avventizii“ (Zone des zufällig hinzugekommenen Bodens), in der vorliegenden Studie nennen wir sie kurz: „die Anlandungszone.“ Die Breite dieser Zone ist sehr verschieden, sie richtet sich nach dem mehr oder weniger offenen Meere, nach der Neigung, nach der Configuration und der geologischen Beschaffenheit der Ufer, nach der Widerstandsfähigkeit des Meeresgrundes und schliesslich nach der Wassertiefe.

Hinsichtlich der Beeinflussung des Meeresbodens durch die Wellen lassen sich in dem an der Küste gelegenen Meeresstreifen drei characteristische Wassertiefen fixiren, welche durch die Intensität der Wellenthätigkeit bestimmt werden. Nach dem jetzigen Stande der Forschung ist zu beachten:

a) Jene äusserste Tiefengrenze des Wassers, in welcher am Meeresgrunde eine Materialfortschaffung noch nachgewiesen wurde; für den vorliegenden Zweck ist dieselbe weniger von Belang.

b) Jene Tiefengrenze, bei welcher die Wellen, ohne dass sie sich an der Oberfläche brechen, am Meerboden aufstossen und bereits ein merkliches Fortschaffungsvermögen erlangen. Diese Grenze fixirt an der Meerseite den Beginn der eben erörterten Anlandungszone, welche an der Landseite durch den Strand abgeschlossen wird.

b) Jene Wassertiefe, bei welcher sich die Wellen an der Oberfläche zu brechen beginnen, und von wo an die Wellen gegen die Küste zu, in Folge dieses Umbildungsprocesses, die grösste Kraft entfalten.

ad a) Nach dem jetzigen Stande der Erfahrungen liegt die äusserste Grenze der unterseeischen Materialbewegung im offenen Ocean

bei 300$^{\text{met.}}$, im mittelländischen Meere bei 150$^{\text{met.}}$, im adriatischen Meere und in dem Canal la Manche bei 80$^{\text{met.}}$ Tiefe.

Der Beantwortung der beiden letzten Punkte muss ein generelles Bild über das Brechen der Wellen vorangehen.

Die oscillatorische Bewegung der Welle der hohen See pflanzt sich als ein zusammengehöriger Organismus gegen das Festland fort. Indem sie immer geringer werdende Wassertiefen passirt, stösst sie endlich mit der Basis am Meeresgrunde auf und erleidet die ersten Deformationen. Calver bezeichnet in seiner Bildersprache diese Erscheinung indem er sagt, „dass der Meeresgrund der Welle ein Bein stelle." Die Welle bewegt sich immer mehr dem Festlande zu, sie muss immer kleiner werdende Meerestiefen passiren, über ungleichen Meeresgrund hinwegstreichen, dabei wird die Basis derselben in Folge der grossen Widerstände in der Bewegung immer mehr zurückgehalten, während der obere Theil der Welle in Folge der innehabenden Fortpflanzungsgeschwindigkeit vorauseilt, und sich nach vorwärts verschiebt. Der Meeresboden wird noch ansteigender und unregelmässiger, der untere Theil der Welle wird umso mehr zurückgehalten, der obere Theil derselben verschiebt sich in Folge der Vorwärtsbewegung noch mehr, wird immer höher und erlangt schliesslich ein solches Uebergewicht, dass die Wellenspitze zusammenstürzt, und die ganze Welle sich auf Bruchstücke reducirt. Dieser Zustand der Welle wird durch den Ausdruck: Die Welle ist gebrochen, bezeichnet. Selbstverständlich geben die Reste und Bruchstücke der ersten Welle wieder kleinere Wellen, welche bei der abnehmenden Wassertiefe wieder von neuem brechen und daraus entstehen dann Actionen der Wellen, welche erst später eine eingehende Würdigung erfahren werden.

Die Wirkungen der Wellen auf den Meeresgrund können erkannt werden:

1. durch den Farbenwechsel des Wassers,

2. durch die Modificationen, welche die Form der Welle an der Oberfläche erleidet, und

3. durch das Brechen der Wellen.

ad 1. Der Wechsel der Meeresfarbe bezeichnet schon auf grosse Entfernungen, entweder das Nahen des Landes, oder eine geringere Wassertiefe. Die Ursachen der Trübungen des Meeres liegen zumeist in der Wellenbewegung, namentlich aber sind es die Grundwellen, welche den Schlamm und den Sand des Meeresbodens aufwühlen. Die Meerestrübungen sind die besten Wahrzeichen der verborgenen Thätigkeit des Wassers am Meeresgrunde und die untrüglichsten Beweise für die

8*

Wellenthätigkeit.*) Das Aussehen der Trübungen hängt von der Wassertiefe und der Beschaffenheit des Meeresgrundes ab.

Die älteren Hydrauliker waren der Meinung, dass die Wellenschwingungen sich nur auf sehr geringe Tiefen übertragen. Es gab aber auch schon früher Beobachter, welche annahmen, dass die Wellenbewegung bis zu grossen Tiefen reiche, nur war man über das Mass derselben uneinig, während die neuere Forschung die untere Grenze durch wichtige, aus der Erfahrung abgeleitete Beweisgründe fixirt.**) Die bei den Lothungen durch das Senkblei vom Meeresgrunde erhaltenen Materialien haben viel geholfen festzustellen, bis zu welcher Tiefe die zermalmende und zerreibende Thätigkeit der Wellen reicht. Wer den grossen Lärm und das Geräusch der Kieselsteine am Meeresgrunde gehört hat — sagt Orbigny — wird sich von der Zerstörungs- und Fortschaffungskraft der Wellen gewiss ein deutliches Bild verschaffen können.

Bezüglich der letzten Punkte 2 und 3 und der dort gemachten Bemerkungen entsteht die Frage:

---

*) Cialdi sagt: Wenn zur Zeit der Windstille die Farbe des Meeres, welche die Grenze der Verticalbewegungen der Wassermoleküle bestimmt 1 Migl. (1·8 Kil.) vom Ufer entfernt ist, so darf man es für nicht übertrieben halten, dass bei Stürmen sich diese Zone auf 10 und mehr Miglien von den sanften Gestaden, welche frei von Flussmündungen und deren Ablagerungen sind, entfernt. Dort wo Flüsse einmünden, kann das Meer auch von den Ablagerungen derselben getrübt sein. Es müssen daher die Beobachtungen dort angestellt werden, wo die Küsten von terrestrischen Flüssen frei sind. Das getrübte Wasser ist für den Schiffer immer ein Zeichen der Landesnähe und gibt den Impuls zum Erfassen von Sicherheitsmassregeln, wenn sie auch noch kein Land sehen. Frissard erinnert, dass der schreckliche Schiffbruch der Medusa nicht vorgefallen sein würde, wenn der Commandant den Ankündigungen seiner Officiere Gehör geschenkt hätte, welche ihn aufmerksam machten, dass das Meer die Farbe wechsle und dass eigenthümliche Wellen sich bilden.

**) Montanari begrenzte die Tiefe der Wellenthätigkeit auf 2$^{met.}$ und nahm für die grössten Stürme dieselbe höchstens mit 3—4$^{met.}$ an. Belidor trug die Ueberzeugung in sich, dass das Meer 4—5^{met} unter dem Wasserspiegel nur wenig bewegt wäre, und dass zur Zeit der Stürme, bei einer Wassertiefe von 6—8$^{met.}$ selbst die kleinsten Steinchen nicht mehr bewegt werden. Cessart liess die Thätigkeit der Wellen auf 4—5$^{met.}$ reichen. Im Jahre 1858 stellte Paleocapa diese Tiefe in den Fällen des heftigsten Eingreifens der Stürme nicht viel über die Höhe, welche der Scheitelpunkt der Welle über die Höhlung derselben einnimmt. Virla hält Brémontier für den ersten, welcher behauptete, dass die Thätigkeit der Wellen sich auf grössere Tiefen übertrage. Diese Behauptung haben Columbus, Lenardo da Vinci, Castelli, Zendrini und viele andere Autoren schon früher aufgestellt.

α) Bei welcher Wassertiefe erreichen die Wellen in unseren Binnenmeeren (mittelländisches Meer u. s. w.), wenn sie auf den Meeresgrund stossen, ein merkliches Fortschaffungsvermögen, ohne dass sie sich an der Oberfläche brechen?

β) Welche Wassertiefe ist im Allgemeinen nothwendig, dass sich die Wellen auch an der Oberfläche brechen?

ad *α*) Cialdi bringt in dieser Frage ein sehr reiches Erfahrungsmaterial ins Treffen. Wenn auch nicht alle Beobachtungen dem mittelländischen Meere entnommen sind, so ist zu bedenken, dass die Bewegungsgesetze der Wellen auf allen Meeren dieselben bleiben. Aimè gibt an, dass nach seinen Erfahrungen auf der Rhede von Algier, die Wellen bei einer Höhe von 2 bis $3^{met.}$ und einer Wassertiefe von $18^{met.}$ unten noch Spuren heftiger Bewegungen zeigten. Bei einer Wassertiefe von $28^{met.}$ und einer Wellenhöhe von $2^{met.}$ waren die Wirkungen derselben noch heftig. Bei einer Wassertiefe von 40^{met} und einer Wellenhöhe von $3^{met.}$ waren unten noch kleine Bewegungen erkennbar, und der am Meeresgrunde bewegte Sand feinkörnig. Bei Stürmen, sagt Aimè, wird die Grenze der Thätigkeit der Wellen sogar noch überschritten, und viele Andere hatten Gelegenheit zu bemerken, dass die Stärke der bewegten Wasserschichte zwischen $16^{met.}$ und $130^{met.}$ schwanken könne.*)

Spallanzani beobachtete, dass die Lavaschlacken der Insel Stromboli bei einer Wassertiefe von $40{\cdot}3^{met.}$ von den Wellen zermalmt werden, und bemerkt weiters, dass die Bewohner von Stromboli die Wassernetze bei einer Tiefe von $45{\cdot}5^{met.}$ mit Steinen auf den Meeresgrund versenken, weil die Netze sonst gegen die unterseeischen Felsen gerissen und dort vernichtet werden würden. Im tyrrhenischen Meere sah man das

*) Minard und Emy führen folgendes interessantes Beispiel an. — Der Felsen Hartha in der Bai von St. Jean de Luz liegt mit der Spitze $9{\cdot}3^{met.}$ unter der tiefsten Ebbe und $1150^{met.}$ vom Lande entfernt in hoher See. Dieser Felsrücken beeinflusst die Wellen, wenn sie nur 1 bis $2^{met.}$ Höhe haben. Die Seeleute der Gegend sagen: „Hartha hausse les epaules" (Hartha hebt die Schultern). Der Fuss der Welle hat am Felsen gestrauchelt, aber dieselbe hat sich an der Oberfläche noch nicht gebrochen. Vergrössert sich die Bewegung des Meeres, so brechen die Wellen an dieser Stelle auch an der Oberfläche, während sich seitlich die vollständig normale Wellenbewegung fortsetzt. Steigert sich die Unruhe des Meeres noch mehr, so beginnt sich auch ausserhalb des Harthafelsens die Reaction des Grundes auf der Wasseroberfläche zu zeigen, und zwar bei dem Felsen, welcher $11^{met.}$ tiefer liegt. Steigert sich die Unruhe des Meeres noch mehr, so beginnen sich die Wellen über den 2. Felsen, welcher $20^{met.}$ unter der Ebbe liegt, zu brechen.

Wasser in Folge des bewegten Meeres bei einer Tiefe von $30^{met.}$ sich trüben, bei andauernden Stürmen noch auf weit grössere Tiefen, und namentlich characteristisch ist bei solchen Gelegenheiten die Sandbewegung.

De la Roche Poncie hat vor Dünkirchen in den vom Sande gesättigten Wellen, welche in der Ferne wie grosse gelbe Flecken aussahen, in 6 Liter Wasser 3 Cubikcentimeter Sand gefunden, und es liegen nicht nur in dieser Hinsicht, sondern auch über die Fortschaffungskraft der Wellen auf Steinblöcke angewendet, eine Menge instructiver Beispiele vor. Auf die Belege von vielen Erfahrungen und Thatsachen gestützt, gibt Cialdi an: Dass die Wellen des offenen Oceans bei einer Tiefe von $200^{met.}$, jene des mittelländischen Meeres (speciell tyrrhenischen Meeres) bei einer Tiefe von $50^{met.}$, jene der Adria und des Canal la Manche bei einer Tiefe von 40^{met} auf den Meeresgrund stossen und dass sie dabei schon eine merkliche Fortschaffungskraft der Materialien erlangen, ohne an der Oberfläche zu brechen. Durch diese Tiefen wäre die meerseitige Grenze der früher besprochenen Anlandungszone in der Adria mit $40^{met.}$ Tiefe bestimmt.

ad β) Ueber jene Wassertiefen, bei welchen die Meereswellen an der Oberfläche brechen, liegt ebenfalls ein sehr reichliches Erfahrungsmaterial vor.

Lieussou berichtet, dass im Golfe von Algier, welcher von sandigen Küsten umgeben ist, die Wellen bei 7 bis $8^{met.}$ Wassertiefe brechen. Im Golfe von Philippeville und von Stora wurde bemerkt, dass die Wellen im Stande sind, die Schiffe an das Ufer zu bringen, eine Erscheinung, welche, wie wir sehen werden, durch die von den Wellen hervorgebrachte Strömung erklärt wird. Nächst den sanguinarischen Inseln im Golfe von Ajaccio erhebt sich nach Angaben von Hall, Deloffre, Mathieu ein unterseeisches Felsplateau, wo sich die Wellen an einer Spitze, welche sich $25^{met.}$ unter Wasser befindet, bei schlechtem Wetter brechen. Nach le Gras brechen sich die Wellen in der Nähe der Sandbank von Cortelazzo bei einer Wassertiefe von $22^{met.}$ und Bevilaqua gibt an, dass in der Nähe von Ancona, 1 Kilom. von dem nordwestlichen Hafendamme entfernt, bei schlammigem Grunde sich die Grenze der Wellenbrechung bei einer Wassertiefe von 18 bis 25^{met} befindet, während auf der Boraseite diese Grenzen bei einer Wassertiefe von $26^{met.}$ sich auf 2 Kilom. von der Küste entfernt. Acton bekräftiget, dass die grösste Tiefe, in der die Meereswellen sich brechen, gewöhnlich

$22^{\text{met.}}$ betrage. In dem denkwürdigen Sturme, welchen die englische Escadre an der syrischen Küste zwischen 1. und 3. December 1840 auszuhalten hatte, wurde das Brechen derselben bei einer Wassertiefe von $86^{\text{met.}}$ beobachtet. Dieses Beispiel steht als Resultat eines ausserordentlichen Sturmes nicht vereinzelt da; und die wenigen bisher gemachten Andeutungen liefern schon den Beweis, dass die Wellen des erregten Mittelmeeres bei einer Wassertiefe von $26^{\text{met.}}$ sich brechen können. Ohne mit den Thatsachen in der Natur in Widerspruch zu gerathen, führt Cialdi, auf viele Erfahrungen, auf zahlreiche von ihm und Andern am Meere gemachten Beobachtungen gestützt, an, dass bei einem gewöhnlichen Sturme von eintägiger und oft auch geringerer Dauer die Wellen:

auf Felsgrund	bei	einer	Wassertiefe	von	$15—17^{\text{met.}}$
„ Sandgrund	„	„	„	„	$11—13^{\text{met.}}$
„ Schlammgrund	„	„	„	„	$7—8^{\text{met.}}$
„ Algengrund	„	„	„	„	$2—3^{\text{met.}}$

sich brechen.*)

Diese Tiefen liegen alle innerhalb des Feldes der Anlandungszone des Meeres. Bei sehr heftigen Stürmen vergrössert sich dieser Massstab in Bezug auf das Brechen der Wellen, je nach der Kraft und Dauer des dieselben erregenden Windes.

Die Materialien, welche die Wellen im Felde der Anlandungszone am Meeresgrunde bewegen, können in 3 Categorien geschieden werden.

Zu den Materialien der 1. Categorie gehören jene, welche die Süsswasserflüsse von dem Festlande mitbringen und durch die Mündungen an das Meer abgeben.

Zu den Materialien der 2. Categorie gehören solche, welche vom bewegten Meere namentlich bei grossen Stürmen durch Zernagen und Zerfressen der Küsten erzeugt, und am Meeresgrunde weiterbewegt werden.

Den Materialien der 3. Categorie werden jene zugezählt, welche das Meer aus den in seinem Schosse lebenden Organismen gewinnt, zerreibt und an die Küsten wirft.

Halten wir uns bei der weiteren Betrachtung dieser Material-Categorien und bei den, durch dieselben erfolgenden Anlandungen stets vor den Augen, dass die Gesetze der Materialbewegungen, wie sie für die Küsten des adriatischen Meeres besprochen werden, auch an den Gestaden aller Meere allgemeine Giltigkeit haben. Das Meer zeigt stets

---

*) Cialdi's Werk über die Wellenbewegung. 4. Artikel des 3. Capitels.

die Tendenz, die grössten Materialpartikel an dem Strande liegen zu lassen; je tiefer die Wasserschichte meerseits wird, desto feiner werden auch die Stoffe des Meeresgrundes, so zwar, dass an der Küste zumeist grober, gegen das Meer zu feinerer Sand sich vorfindet, und in grösseren Wassertiefen besteht der Boden zumeist aus Schlamm.

Materialien der ersten Categorie. Wie die Betrachtungen in der Einleitung dieser Schrift gezeigt haben, bringen die in das Meer direct einmündenden continentalen Wasserläufe, wie z. B. die Ströme, Flüsse und Wildbäche, aus den zugehörigen Abflussgebieten ungeheuere Quanten von Zerreibungsproducten mit, und geben davon einen grossen Theil an das Meer ab. An den Flussmündungen, wo das strömende Süsswasser im Streite mit den Meereswellen die eigene Kraft verbraucht, entstehen aus den, im Meere zur Ruhe kommenden Sedimenten die als Barren bekannten Materialfiguren.

Die Mündungen grösserer Flüsse geben den als Delta bekannten Uferzug; die Materialien zum Aufbau desselben beschaffen sich, wie aus den Forschungen des Geologen Ponzi hervorgeht — die Flüsse zumeist selbst, das Meer trägt mit seinen Stoffen dazu wenig bei. — Jene Materialien, welche der Wellenschlag aus der Meerestiefe an die Deltaküste wirft, können sich dort wegen des continuirlich strömenden Süsswassers nur in geringem Masse ansetzen, sie werden zerstreut und müssen zum grössten Theile nach den beiden Seiten des Delta ausweichen.

Paleocapa bemerkt, dass der grösste Theil des von den Flüssen zur Zeit grosser Anschwellungen mitgebrachten, aus gröbern oder feineren Sanden bestehenden Sedimentes, vorerst im Mündungsgebiete des Flusses abgelagert, und von späteren Hochwässern nach und nach ins Meer geschleppt wird. Die Erscheinung der Barrenbildung, das Entstehen von unterseeischen Bänken, welche aus dem Kampfe zwischen dem Süss- und Salzwasserströmungen hervorgehen, bewahrheitet sich auch in Lagunenbuchten.

Werden die an den Flussmündungen gelegenen Schlamm- und Sandbildungen von der Brandung des stürmisch bewegten Meeres zerstört, so zerstreuen sich dieselben. Hat sich das Meer darauf einigermassen beruhiget, so sucht das Wellenspiel neue Materialien zusammen, und passt sie dem Meeresboden und der Küste mit bewunderungswürdiger Ordnung wieder an. Aber nicht allein an den Flussmündungen ist der Ausbau des Küstenlandes wahrzunehmen, sondern — wie es das Geschick vieler am adriatischen Meere landeinwärts liegenden Städte beweist — auch solche Küsten schreiten vor, an welchen keine

Flussmündungen vorkommen. Wir werden später sehen, wie das Meer beim Ausbau solcher Küsten vorgeht.

Materialien der zweiten Categorie. Ein weiterer Theil der am Meeresgrund bewegten Materialien rührt, wie gesagt, von solchen Küsten her, welche das Meer zernagt und zerstört. Die Bewegung dieser Materialien steht einerseits im innigsten Zusammenhange mit der configurativen und geologischen Beschaffenheit der Küsten, andererseits aber auch mit der Intensität der Kraft, welche die Wellen bei diesem Zerstörungs-, Transportations- und Anhäufungsprocess entwickeln. In dieser Hinsicht liegt aus allen Meeren eine grosse Anzahl von Beobachtungen vor.*) Das Brechen der Wellen und der damit verbundene Umbildungsprocess ist der Hauptgrund der Zerstörung und des Transportes, selbst der widerstandsfähigsten Gesteine.

Materialien der dritten Categorie. Jene Materialien, welche das Meer in seinem Schosse erzeugt, sind zumeist kalkiger oder kieseliger Natur, und wem die zahllosen Lebensformen der Thier- und der Pflanzenwelt des Meeres bekannt sind, der wird nach den kommenden Erwägungen leicht begreifen, dass sie zu der Landbildung an den Küsten eine Menge von Materialien liefern müssen. „Die Zunge, sagt Columbus, reicht nicht aus um zu sagen, und die Hand nicht, um niederzuschreiben all' die Wunder des Meeres. Und Humboldt bemerkt:

> „Aeusserlich minder gestaltenreich als die Oberfläche der „Continente, bietet das Weltmeer bei tieferer Ergründung seines „Inneren vielleicht eine reichere Fülle des organischen Lebens dar, „als irgendwo auf dem Erdraume zusammengedrängt ist. — . . . „Durch die Anwendung des Mikroskops steigert sich noch mehr, „und auf eine bewunderungswürdige Weise, der Eindruck der „Allbelebtheit des Oceans: das überraschende Bewusstsein, dass „überall sich hier Empfindung regt. . . . Hier schwärmen, jede „Welle in einen Lichtsaum verwandelnd und durch eigene Witte-

*) Marchal beschäftigte sich mit diesem Thema sehr eingehend. Er fand z. B. dass das Meer an einigen Küsten des Canal la Manche alljährlich 10 Mill. Cubikmeter dichten Gesteinsmateriales zerstörte, welche dann in anderen Küstenstrichen zur Ruhe kamen. Weiters entwickelt Plocq durch eigene sowie durch Sammlung von Studien Anderer, ein Bild der Zernagung und des Materialtransportes an diesen Küsten; er verfolgt den Gang jedes Bataillons von Steinen, jedes Regimentes von Kies, und jeder Legion Sandes, Schritt für Schritt, welche ihre Reise windabseits, bald verzögert, bald beschleuniget, durchmachen müsse.

„rungsverhältnisse an die Oberfläche gelockt, die zahllose Schaar „kleiner, funkelnd-blitzender Leuchtthiere: Mammarien aus der „Ordnung Acalephen, Crustaceen, Peridinium und kreisende Ne-„reidinen.

„Die Fülle dieser kleinen Thiere und des animalischen „Stoffes, den ihre schnelle Zerstörung liefert, ist so unermesslich, „dass das ganze Meerwasser für viele grössere Geschöpfe eine „nährende Flüssigkeit wird. Wenn schon der Reichthum an „belebten Formen, die Unzahl der verschiedenartigsten mikrosko-„pischen, und doch theilweise sehr ausgebildeten Organismen die „Phantasie anmuthig beschäftiget; so wird diese noch auf eine „ernstere, ich möchte sagen feierlichere Weise angeregt durch den „Anblick des Grenzenlosen und Unermesslichen, welchen jede See-„fahrt darbietet. — Wer, zu geistiger Selbstthätigkeit erweckt, „sich gerne eine eigen Welt im Inneren bauet, den erfüllt der „Schauplatz des freien, offenen Meeres mit dem erhabenen Bilde „des Unendlichen. Sein Auge fesselt vorzugsweise der ferne „Horizont: wo unbestimmt wie im Dufte Wasser und Luft an „einander grenzen, in den die Gestirne hinabsteigen, und aus dem „sie sich erneuern vor dem Schiffenden. — Zu dem ewigen Spiele „dieses Wechsels mischt sich, wie überall bei der menschlichen „Freude, ein Hauch wehmüthiger Sehnsucht."

(Kosmos.)

Die Myriaden von Muschelschalen und der kieseligen Ueberreste abgestorbener Meeresthiere geben nur einen kleinen Begriff von der Fülle des Lebens im Meere, und die zerkleinerten und zerriebenen Reste von Muscheln und andern Thieren nur eine geringe Idee von der Thätigkeit der Meereswellen. Wenn auch Paleocapa bemerkt, dass der innerhalb der Anlandungszone des Meeres thätige Fortschaffungsprocess zwischen Wasser und Boden durch Vertiefung des Meeresgrundes einmal eine Gleichgewichtsgrenze herstellen müsste, so begegnet Cialdi diesem Einwurfe ganz treffend, indem er sagt: dass die Herstellung der Gleichgewichtsgrenze zwischen Wasser und Meeresboden, niemals zu erreichen ist, weil sich die zahllosen unterseeischen Gebilde mit einer riesigen Schnelligkeit vermehren, und nach dem Ableben mit ihren Ueberresten die durch den Fortschaffungsprocess entstandenen Lücken wieder ausfüllen. Nach dem Urtheile von Donati soll die oberste Schichte des Meeresgrundes der Adria fast durchwegs aus Crustaceen, Testaceen, Polypen u. s. w., welche mit Sand und Schlamm vermischt sind, zusammengesetzt sein.

Weiters sind die Myriaden Familien von Polypen, welche ganze Bänke und Inseln aufbauen, und jene Körper von fast mikroskopischer Kleinheit, wie von den Phytozoen die Foraminiferen, dann von den Kryptogamen die Diatomaceen u. s. w. zu bedenken, welche im Meere in zahllosen Schaaren leben und dort sterben. Ausserdem wären noch jene Wesen zu erwägen, deren Schalen, wie die der Nautileen, Spiruleen, die Sepia u. s. w. mit Luftblasen gefüllt, an der Wasseroberfläche schwimmend, von den Winden und Wellen an den Strand der Küsten getrieben werden. Wieviele Muschelschalen und andere Reste abgestorbener Meeresthiere kommen nicht auf dem Meeresgrunde zur Ablagerung und werden dort von den Wellen zerrieben, zermalmt und gegen die Küsten fortgeschafft, wo sie den grössten Theil der Bestandtheile des Küstensandes ausmachen. Zudem wie reich ist erst das vegetabilische Leben des Meeres! Humboldt sagt: auch das Meer hat seine Wälder.

Und das Leben des Meeres scheint fast keine Grenzen zu kennen, überall sorgt die Natur für Vermehrung.*)

Die Mittelmeerfauna, sagt Austen, ist mit überraschender Gleichförmigkeit eingetheilt. — Der Autor berechnet, dass die Anzahl der Species im Mittelmeere durch die Zahl 600 repräsentirt sei, und die Polypen, welche sonst nur in der heissen Zone leben, fehlen auch in der Adria nicht. Sehr häufig, namentlich aber zwischen Rimini und Ravenna tritt eine kleine Muschelspecies „Nautilus Beccarii" genannt, auf. Die Individuen derselben sind dem Auge fast unsichtbar und mit Recht bemerkt D'Arhiac, dass bei der Bildung der sedimentären Formationen von der Natur den kleinsten Organismen die grösste Rolle zugedacht ist. Orbigny sagt: dass der Sand der Küsten an mikroskopischen Muschelchen der verschiedensten Formen oft so reich ist, dass

* Forbes stellt für das unterseeische Leben bekanntlich 8 Zonen fest, und glaubt, dass dasselbe nur bis zu $420^{met.}$ Wassertiefe reiche. In jeder Zone findet sich eine characteristische Association von Species vor. Die oberste Zone der Thierspecies reicht bis $3{\cdot}65^{met.}$, sie ist an Thier- und Pflanzenspecies die reichste; die zweite Species erstreckt sich von $3{\cdot}65$—$18^{met.}$, die Dritte von 18—$36^{met.}$, die Vierte von 36—$64^{met.}$, die Fünfte von 64—$100^{met.}$, die Sechste von 100—$144^{met.}$, die Siebente von 144—$192^{met.}$, und endlich die achte und die stärkste Zone von 192—$420^{met.}$ Tiefe. Nach den Entdeckungen von Wyville Thomson, welcher bei seinen in hoher See gemachten Untersuchungen und Entdeckungen in einer Tiefe von 2435 Faden noch lebende Exemplare von jeder der fünf Abtheilungen Invertebraten fand, und nach dem Stande der neuesten Forschung muss man der Nullgrenze des thierischen Lebens im Meere entsagen.

er hievon mehr als 50 % enthält Plancus zählte in einer Unze Meersand bei 6000 kleiner Muschelchen. Die Erzeugung der Meereswesen ist hinsichtlich der Anzahl geradezu überraschend, und diese Thiere sind es, welche sehr viel Anlandungsmateriale liefern.

Moquin-Tandon bemerkte: Die Milliarden und wieder Milliarden von Infusorien, Foraminiferen, Polypen u. s. w. sind das unendlich Lebende, und Blerzy sagt mit Recht: „Ne semble -t -il pas que plus l'animal est petit, plus sa depouille occupe de place daus l'univers." („Fast scheint es, dass je kleiner das Thier ist, desto mehr Platz nehmen seine Ueberreste in dem Universum ein.")

Paleocapa bemerkt: „eine der hauptsächlichsten Ursachen, weshalb die Sande der Meeresküsten so verschieden sind von jenen der Flüsse, besteht in der grossen Menge der Beimischung von Krustenthierresten, an denen der Golf von Venedig so reich ist. Die Schalenreste werden durch den Wellenschlag zerkleinert, zerrieben, pulverisirt, und sind dem Meersand in reichem Masse als Körner aller Sorten beigemischt. Die Materialien dieser drei Categorien verwendet das Meer durch das Vehikel der Wellen zu seinen Landanhäufungen und baut damit auch solche Küsten aus, an welchen die Flussmündungen sowie die Küstenströmungen ganz fehlen. Nach umfassenden Beobachtungen von Orbigny, welcher den Sand der verschiedensten Meeresküsten der Erde untersuchte, wurde die Zusammensetzung der Anlandungsmaterialien rücksichtlich der drei Categorien mit einer genügenden Annäherung festgestellt, und bei der Untersuchung der marinen Sedimente die Zahl 16 acceptirt.

Es entfallen:

an Sedimenten, welche die Zuflüsse vom Lande liefern	4 Theile
„ „ „ „ zernagten Küsten „	10 „
„ „ „ „ organischen Körper aus dem Schosse des Meeres liefern	2 „
Zusammen .	16 Theile

Cialdi bespricht eine viel wahrscheinlichere Zusammensetzung jener Materialien, welche an den Küsten des Mittelmeeres und an jenen der Adria vorkommen. Seine Studien und Erfahrungen ergeben, dass unter Zugrundelegung der Zahl 100 in den untersuchten Sanden, die Partikel respräsentirt waren:

	im Mittelmeere	in der Adria
a) von den Zuflüssen vom Lande durch die Zahl	30	35
b) von den zernagten Küsten „ „ „	20	5
c) von den organischen Körpern im Meeresschosse durch die Zahl	50	60
Zusammen . .	100	100

Bei den Anlandungsmaterialien der 3. Categorie beharrt Cialdi auf dem Zuschlage, und gründet den Ausbau und das Vorrücken solcher Küsten, welche der Flussmündungen ganz entbehren, hauptsächlich auf die Beischaffung der Materialien aus dieser Categorie.

Das Vorrücken der Gestade der Adria, welches Paleocapa und viele Andere beobachteten, rührt zum grössten Theile von den Resten unterseeischer Organismen her, welche im Schosse des Feldes der Anlandungszone windabseits bewegt werden. Es besteht demnach kein Zweifel, dass die Küsten der nördlichen Adria auch vorrücken würden, wenn die zahlreichen venetianischen Flüsse ganz fehlten; nur ginge der Anlandungsprocess viel langsamer vor sich, als es an solchen Küstenstrecken gegenwärtig der Fall ist, wo die Flüsse, wie wir gesehen haben, durch Abgabe so bedeutender Materialquantitäten den Aufbau des Schwemmlandes am Meere enorm unterstützen. Es ist bekannt, dass steil abfallende Küsten, den vom Meere bewegten Materialien keine Zuflucht gestatten, hingegen sind es flache Küsten, Buchten, Golfe, wohin dieselben vom Meere dirigirt und dort zur Ruhe gebracht werden.

B) Theorie der Wellenströmungen.

Die Actionen des Meeres sind nur dann verständlich, wenn die Richtung der herrschenden Windströmungen, welche die Richtung des thätigen Wellenganges bestimmen, genau studirt und in Betracht gezogen wird. In den meteorologischen Verhältnissen von Venedig wurden die Winde, weil die dort thätigen meerseitigen Anlandungen darauf zurückgeführt werden können, aus dem Grunde besonders berücksichtiget.

Verfolgen wir die Welle der hohen See in ihrer Fortpflanzung vom offenen Meere gegen die Küste zu, von dem Augenblicke an, in welchem die Basis derselben auf den Meeresgrund stösst. — Auf hoher See kann, da eine hinlängliche Wassertiefe vorhanden ist, in dem Mechanismus der Welle nichts gestört werden, die stärkere Meereserregung versetzt höchstens noch tiefer liegende Wasserschichten in Schwingungen, und sie gewinnt dabei nur an Tiefe. Ganz anders wird das Verhältniss, wenn unter der Wellenbasis keine Wasserschichte mehr, sondern fester Boden vorhanden ist, in dem Falle wird die Welle bei zunehmender Erregung des Meeres sich nicht mehr vertiefen können, sondern die untersten Wassertheilchen derselben werden je nach Massgabe der Kraft des Windes an dem Meeresboden anprallen.

Nehmen wir an, es wirke auf die Meeresoberfläche der Wind mit einer Geschwindigkeit von 7 bis 8$^{met.}$ in der Secunde, die erregte Welle kommt, vom Winde verfolgt von hoher See her, ohne dabei ein fühl-

bares Fortschaffungsvermögen zu besitzen; sie kann sich bei genügender Wassertiefe dabei ganz frei entwickeln, und bläst der Wind nicht zu heftig, so wird das Meer nur in einfache Vibrationen versetzt.

Während der Fortpflanzung gegen die Küste hin, stösst die Welle bei abnehmender Wassertiefe mit der untersten, der Basis derselben einverleibten und schwach oscillirenden Molekülschichte auf festen Boden und es regen sich in Folge dessen die ersten Spuren der Materialbewegung, ohne aber dass dabei der Meeresgrund besonders alterirt werden würde. Wird die Wassertiefe noch kleiner, so steigert sich selbstverständlich die Einwirkung der Welle auf den Meeresboden in gleichem Masse, und erreicht sie endlich die früher als äusserste Grenze der Anlandungszone bezeichnete Stelle des Meeres, so beginnt ihre eigentliche Thätigkeit, erkennbar in der sehr merkbaren Beeinflussung des Meeresgrundes. Von dem Momente an können sich die schwingenden Moleküle der Wellenbasis nicht mehr so frei bewegen, wie im tiefen Wasser der hohen See. Am aufsteigenden Meeresgrunde wird die Welle gezwungen, immer kleiner werdende Wassertiefen zu passiren, sie nimmt an Höhe zu, und die Schwere sorgt dafür, dass die schwingenden Moleküle der zu unterst befindlichen Flüssigkeitsschichten der Welle, am unnachgiebigen Meeresgrunde continuirlich anprallen müssen. Unter dem Einflusse des Widerstandes, welchen die Welle am Meeresgrunde erfährt, und unter dem Antriebe des Windes, welcher den, in ungehinderter Fortpflanzung befindlichen oberen Theil derselben nach vorwärts drängt, beginnt die allmälige Deformation. Dies genügt, um die im Mechanismus der Welle beginnende Störung allmälig in Arbeit zu umsetzen, und damit erwacht in dem erregten Meerwasser begreiflicherweise der erste Impuls zu einer merkbaren Fortschaffungsbewegung seiner Moleküle. Während des beginnenden Strauchelns verliert die Welle dabei an Fortpflanzungs- und gewinnt an Bewegungsgeschwindigkeit.*)

---

*) Nach Cialdi soll die Welle in diesem Zustande schon den 5. Theil der Fortpflanzungsgeschwindigkeit als Bewegungsgeschwindigkeit inne haben.

Emy sagt: dass die Bewegungsgeschwindigkeit der Grundwelle gleich der Fortpflanzungsgeschwindigkeit sei, eine Ansicht, welche Cialdi nicht theilt. Nach dem Gutachten Monniers ist die Bewegungsgeschwindigkeit der Grundwelle nur die Hälfte der Fortpflanzungsgeschwindigkeit an der Oberfläche, wobei man sich immer erinnern muss, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen gegen die Ufer zu sich immer mehr vermindert. Ueber diesen Punkt sind die Practiker und die Theoretiker derselben Meinung.

Je mehr sich die Welle dem Lande nähert, desto mehr schreitet in derselben der Umbildungsprocess vor; dabei erzeugt sich eine Strömung, welche Cialdi: flutto corrente a terra (Wellenströmung zum Lande) nannte. Der weitere Verlauf dieses Umbildungsprocesses ist der Hauptsache nach in zwei Momenten zu suchen, und zwar in den Vorgängen am Grunde, und in jenen an der Oberfläche der in Umbildung begriffenen Wellen.

Durch das beginnende Straucheln der Wassermoleküle tritt an der Basis der Welle eine Erscheinung hervor, auf welche Emy seine Theorie der Grundwellen aufbaut. Die eben erwähnten, in dem Mechanismus der Welle auftretenden Gleichgewichtsstörungen, haben zur Folge, dass das Wasser des untersten Theiles derselben am Meeresboden nach vorwärts geschleudert wird. In diesem Zustande vermag die Welle, wie bei den Seebauten wahrgenommen werden kann, enorme mechanische Effecte zu erzeugen; und ist die entsprechende Configuration des Meeresbodens vorhanden, so kann sich dieselbe zu sehr bedeutenden Höhen erheben. Nach Turazza sollen die Grundwellen (nach ihm lama di fondo genannt) schon im Augenblicke ihrer Entfesselung ein merkliches Fortschaffungsvermögen erlangen. Indem sie den Grund aufwühlen, werden die gelockerten Materialien in der Bewegungsrichtung der Welle vorwärts gestossen.*) Die tanzenden Moleküle der untersten Kügelchen der Welle werden, während sie straucheln, gegen den Boden geschleudert, und die zahllos nachrückenden Wellen beleben diese Stosswirkungen immer von Neuem. In der oscillatorischen Bewegung gehemmt, schreiten die bewegten Wassermoleküle, nach dem Aufstosse am Meeresgrunde, sprungweise in der Richtung des Wellenganges, in welcher wegen der abnehmenden Wassertiefe der geringste Widerstand vorhanden ist, ebenfalls nach vorwärts; sie erlangen mit dem Erwachen der fortschreitenden Bewegung auch die Fähigkeit der Materialfortschaffung, und wenn man sich diese Procedur durch die zahllos immer von Neuem bewegten Moleküle wiederholt, und von den zahllos nachfolgenden Wellen immerzu genährt denkt, so resultirt aus diesen Thätigkeiten am Meeresgrunde eine fortschreitende strömende Bewegung des Wassers, welche wir Grundwellenströmung nennen wollen (Cialdi nennt dieselbe

*) Prysce erzählt, dass in einigen Kohlenbergwerken, welche an der englischen Küste liegen, in den Stollen, welche viele Meter unter dem Meeresgrunde liegen, das Geräusch, welches die Wellen machen, vollkommen vernommen werden kann. Aus dem Getöse der sich brechenden Wellen unterscheidet man das Krachen des am Meeresgrunde stark bewegten Kieses genau, was die Besucher dieser Stollen in Staunen setzt.

„Fluttocorrente di fondo). Die Hauptrichtung dieser Strömung fällt im Allgemeinen mit der Fortpflanzungsrichtung der Welle zusammen.

Es könnte der Einwand erhoben werden, dass die Grundwellenströmung, ähnlich den Süsswasserflüssen, bei der Ueberwindung der am aufsteigenden Meeresgrunde auftretenden Widerstände die innewohnende Kraft verbraucht, und dass sie in Folge des zunehmenden Geschwindigkeitsverlustes mit der Zeit wirkungslos werden müsste. Dieser Fall trifft hier aus dem Grunde nicht zu, weil die bewegten Wassermoleküle der von der Seeseite her zahllos nachrückenden Wellen jeden Verlust sogleich wieder ersetzen.

Während dieser Vorgänge am Meeresgrunde erzeugt sich an der Oberfläche der Welle zur selben Zeit eine Strömung, welcher ebenfalls eine fortschaffende Bewegung zukömmt. Die oberste Wasserschichte wird unter dem Einflusse des Windes nach vorwärts getrieben, und nachdem die Geschwindigkeit der Grundwellenströmung verschieden ist von jener an der Oberfläche, so ist es klar, dass eine Verschiebung des oberen Theiles der Welle gegen den unteren Theil derselben die nothwendige Folge sein muss. Diese fortschreitende Bewegung der Wassermoleküle in dem oberen Theile der Welle wollen wir mit Cialdi: „Wellenströmung an der Oberfläche“ (Fluttocorrente della superfice) heissen. Courtanvaux nennt dieselbe: „unerkannte Fortschaffungsbewegung;“ Piddington: „unbekannte und unheilbringende Strömung;“ Hall: „geheimnissvollen Impuls;“ Macarte y Diaz: „verborgene Thätigkeit.“ Nach Freycinet schreiben die Seeleute dieser Strömung die Kraft zu, die Schiffe zu den Wellen zu ziehen, eine zwar fehlerhafte Deutung, welche aber auf die Ahnung des wirklichen Erklärungsgrundes hinweist. *)

Verfolgen wir den eben geschilderten Zustand der Welle weiter gegen das Festland zu, so wird man finden, dass die Reaction des Meeresgrundes auf den Mechanismus derselben mit abnehmender Wassertiefe stets zunimmt. Während der obere Theil der Welle unter dem Antriebe der Kraft des Windes steht, haben die untersten Wasserschichten die am Meeresgrunde auftretenden Widerstände zu überwinden, dabei vergrössert sich die Horizontalgeschwindigkeit der Wassermasse

*) Die Seeleute des tyrrhenischen Meeres sagen, wenn die See hoch geht besonders aber dann, wenn die Südwestwinde die Wellen erregen, dass die Strömung nächst dem Ufer zum Lande ziehe; und die Seeleute von Catania sagen, wenn für ihren Golf Gegenwind (traversia) eintritt, dass die Schiffe von unwiderstehlicher Kraft, wie die Magnetnadel vom Eisen, an das Ufer gezogen werden.

und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle nimmt fortwährend ab. Da kommt innerhalb der Anlandungszone endlich der Meeresgrund mit jener Wassertiefe, wo die Welle, welche bisher mit der Basis fortwährend am Meeresboden strauchelte, durch Verschiebung des oberen Theiles gegen den Unteren gänzlich das Gleichgewicht verliert, und brechend zusammenstürzt, — die Welle der hohen See stirbt! — Demselben Schicksale verfallen an der Stelle die übrigen zahllos nachrückenden Wellen! Wir befinden uns innerhalb der Anlandungszone an jener Wassergrenze, wo das Brechen der Wellen beginnt. Aus den Bruchstücken der oben betrachteten Welle entstehen wieder Neue, sie pflanzen sich gegen die Küste fort und brechen dort, wo die Bedingungen dazu gegeben sind, wieder neuerdings, bis sie sich am Strande schliesslich todt gelaufen haben. —

Die eben besprochenen Strömungen der Oberfläche und des Grundes reduciren sich in dem wirren Wasser der brechenden und sterbenden Wellen auf eine Einzige, welche von der Seeseite her vom erregten Meere immerzu ernährt und belebt wird, und aus dem Chaos der bewegten Ueberreste gebrochener Wellen geht schliesslich in der zunächst der Küste gelegenen Meereszone die Küstenwellenströmung hervor. Selbstverständlich fliehen die Moleküle dieser, durch die brechenden Wellen genährten Strömung immer nach der Seite des geringsten Widerstandes hin, also stets „windabseits“, wobei das bewegte Wasser durch das Festland selber gezwungen wird, längs der Küste hin zu fliessen. Die Küstenwellenströmung ist demnach als diejenige zu betrachten, welche schliesslich alle Stadien des Umbildungprocesses der Welle vereint, und in welcher man die früher betrachteten Strömungen aufgelöst sich denken kann. Die Kraft dieser Strömung wird von dem Grade der Meereserregung, von der Intensität, der Richtung und der Dauer des Windes bestimmt, sie hält an, so lange überhaupt ein Wellengang thätig ist, und selbst dann noch, wenn der Wind zu blasen schon längst aufgehört hat, und wenn die Wellen, welche die Küstenströmung erzeugt haben, schon erstorben und ihre Spuren längst verwischt sind.

In gedrängter Kürze ergeben diese Auseinandersetzungen vor Allem, dass eine Uebertragung in der Wellenbewegung immer stattfindet. In der hohen See, wo sie kaum fühlbar ist, hat Cialdi dieselbe mit dem Kunstausdrucke „fluttocorrente al largo“ bezeichnet. In der Nähe des Landes entsteht als Folge des beginnenden Umbildungsprocesses der Welle die „fluttocorrente a terra“ (Wellenströmung zum Lande) und sobald die Wellenbasis kräftiger auf den Meeresgrund stösst, wird

unten die „Grundwellenströmung," und oben die „Wellenströmung der Oberfläche" (fluttocorrente delle superfice) erregt. Wenn nun die Welle am aufsteigenden Meeresgrunde jene Wassertiefe antrifft, wo sie sich bricht und stirbt, da setzt sich aus den Resten des bewegten Wassers der sterbenden Wellen die „Küstenwellenströmung" zusammen. Es ist dies dieselbe Strömung, welche Mati: „veduto radere la costa a giusa di corrente," Canevari mit vieler Wahrheit „moto radente" und Cialdi „fluttocorrente radente" an der Küste hinstreichende Strömung nannte. Damit wird eine durch die herrschenden Winde dicht an der Küste verursachte Wasserbewegung bezeichnet, welche im Stande ist, Materialien fortzuschaffen.

Aus den gegebenen Darlegungen geht hervor, dass die aus der Wellenbewegung entstehenden Wasserströmungen den hauptsächlichsten Bedingungen bezüglich des am Meeresgrunde thätigen Materialtransportes genügen. Die in der Welle während der Umbildung erwachende Eigenschaft der Fortschaffungsfähigkeit wird nebst Cialdi noch von vielen anderen Gelehrten durch zahlreiche instructive Beispiele bestätiget. *)

Einige ältere Schriftsteller sind zwar nicht der Ansicht, dass die Wellen ein so bedeutendes Fortschaffungsvermögen erlangen können, und geben über den Process der Anlandungen Erklärungen, welche von den eben gegebenen Darstellungen abweichen. Bourguignon-Duperrè gibt zu, dass ohne der Eigenschaft der Fortschaffungsfähigkeit der Wellen der Materialtransport in dem Meere nicht denkbar sei, schliesst sich aber in der Erforschung nach Erklärungsgründen hiefür den Ansichten von Bernard an, welcher bemerkt: dass die Welle die Sandkörner für einen Augenblick in die Höhe hebe, fortbewege und dann fallen lasse, dieselben werden dann neuerdings gehoben, vom strömenden Wasser im schwebenden Zustande auf kurze Strecken fort gestossen und wieder

*) Hall berichtet, dass der Transport von Personen und Waaren von der Rhede zur Stadt Madras mittelst eines Bootes „Massullah" bewerkstelliget wird. Dasselbe wird von den Wellen derart geschoben, dass die Matrosen, welche es leiten, sobald sie an einer gewissen Stelle angelangt sind, das Boot wegen der Uferströmung fast gar nicht aufhalten können. Dupperey berichtet weiters, dass er im Archipel der Sandwichinseln Gelegenheit hatte, beträchtliche Distanzen in einem Boote ohne eines anderen Motors als jenes der Wellen, zu durchfahren. Wenn die französische Flotte während der Eroberung Algiers in Folge schlechten Wetters und bei thätiger Brandung die Verproviantirungsboote nicht an das Land bringen konnte, da wurden mit Lebensmitteln versehene Ballen in das Meer geworfen, und in der That erreichten dieselben durch das Vehikel der Wellenströmung die Küste.

fallen gelassen. Nach dieser Erklärung würden die Materialien in einer fortschreitenden aber unterbrochenen Bewegung, der Richtung des thätigen Wellenganges folgen. Diese Vorstellung bezüglich der Materialbewegung in dem Meere wäre fast genau dieselbe, welche Montanari und seine Anhänger gegeben haben; auch sie erachteten unter gewissen Umständen die Geschwindigkeit der Litoralströmung als nicht genügend, um den Process der Anlandungen an den hiezu geeigneten Meeresküsten damit zu begründen.

Boscovich nimmt an, dass die Wellenbewegung am Meeresgrunde*) eine Strömung erzeuge, welche genügende Kraft besitze, Sandbänke zu zerstören, die gelockerten Materialien zu bewegen, und sie in hiezu geeignete Localitäten zu deponiren.

Bretonniére bestätiget die Behauptungen Boscovich's und erkennt ebenfalls an, dass die unterseeischen Strömungen (Grundwellenströmungen) im Stande seien, Materialien zu transportiren. Diesen Ansichten schliessen sich im Allgemeinen auch Zendrini, Turazza, Spalanzani und viele andere hervorragende Autoren an. Bevor noch Cialdi die Lehren über die Wellenströmungen entwickelt hatte, haben demnach schon frühere Gelehrte die Erklärungsgründe für den Materialtransport am Meeresgrunde in Wellen gesucht.

Bei näherer Betrachtung der Theorien Montanari's und dem Vergleiche derselben mit den in der Natur vorkommenden Thatsachen ergibt sich, dass die Litoralströmung auf die Disposition der Bauten am Meere, auf die Landanhäufungen oder das Zernagen der Küsten, höchstens bei absolut ruhigem Meere, oder wenn sie von keinem Gegenwind alterirt wird, einen entsprechenden Einfluss nehmen könnte. Das Meer der Adria erfüllt die letzten Bedingungen keineswegs, und zudem liegt, wie bereits mehrmal erwähnt wurde, das bewegteste Wasser der Litoralströmung (der Stromstrich) weit von der Küste, ausserhalb des Feldes der Häfen und sonstiger am Meere liegender Bauten. Die Litoralströmung ist nicht im Stande, jene Anlandungsarbeiten an der Nord- und Westküste der Adria, vor welchen der Mensch bewundernd

*) Die Grundwellen (lames du fond) des Obersten Emy, sagt Boscovich, sind eine unterseeische Erscheinung, welche den Ruin vieler Werke am Meere verursacht hat; sie geben dem Meere das Mittel, die Ufer umzugestalten, Städte zu zerstören, Küstenstriche aufzubauen, Häfen zu verlanden, und Städte, welche einst am Meere lagen, in Landstädte zu verwandeln. Interessante Ausführungen darüber sind im Werke des französischen Obersten Emy: „Ueber die Bewegung der Wellen und über den Bau am Meere von 1831“ zu finden.

stehen bleiben muss, allein zu verrichten. Die Welle und die bei ihrer Umbildung entfesselten Strömungen sind es zumeist, welche die Materialien im Bereiche der Anlandungszone dirigiren und dieselben dort, wo hiezu die Bedingungen vorhanden sind, mit bewunderungswürdiger Ordnung der Küste anzupassen suchen. Es ist schliesslich kaum anzunehmen, dass die Litoralströmung mit ihrer bis zur Tiefe von $4^{met.}$ (nach andern Autoren bis zu $8^{met.}$) reichenden Schichte strömenden Wassers im Stande wäre, auch jene Materialien, welche tiefer im Meeresschosse geborgen sind, je an die Küste zu befördern.

Wir kommen nunmehr in die Lage, auf die beigegebenen Zusammenstellungen der meteorologischen Verhältnisse für Venedig verweisen zu müssen; dieselben dürften im Ganzen auch für die dort angrenzende Meereszone Giltigkeit haben. Aus der Tabelle II über das absolute Eintreffen der Windströmungen in Venedig, und aus der graphischen Darstellung Tafel IV, Figur 2, hierüber, ist zu ersehen, dass in der Adria die Nord-, Nordost- (Bora), Ost- und Südostwinde (Scirocco) vorherrschen, so zwar, dass diese Winde, wie aus derselben Figur zu ersehen ist, die correspondirenden Gegenwinde an Intensität und Dauer bedeutend übertreffen.

Die von den Nordostwinden erregte Wellenströmung läuft, in Anbetracht des denselben entsprechenden Wellenganges, längs der venetianischen Küste bis Chioggia in derselben Richtung, wie die Litoralströmung. Die Figuren des Ablagerungsbaues der Anhägerungen wie z. B. die Sandbankzungen u. s. w. sind mit ihren Spitzen thatsächlich von Nordost gegen Südwest ausgebogen, weil die zur Ruhe kommenden Materialien unter dem Einflusse der Wellenströmung sich in dieser Weise zu lagern gezwungen werden. Hingegen trifft der von den Nordostwinden erregte Wellengang die Küste zwischen den Po-Mündungen und Ravenna fast normal.

Betrachtet man von den anderen in der Adria vorherrschenden Winden den Scirocco, so wird derselbe an der Westküste der Adria, namentlich aber zwischen dem Cap Conero und den Po-Mündungen sogar zum Beweise, dass die Litoralströmung auf den Meeresgrund keinen bedeutenden Einfluss ausüben könne, weil die dortigen Materialien in der That gegen die Litoralströmung bewegt werden. Während die Litoralströmung an der venetianischen Küste von diesem Winde gekreuzt wird, steht er an der Westküste der Adria mit derselben in directer Opposition. Wir wollen versuchen, die daraus folgenden Consequenzen noch etwas näher zu beleuchten.

In der Geschichte des Königs der oberitalienischen Flüsse — des Po, — dessen Biographie zum Theile aus der Einleitung dieser Schrift

bekannt ist, findet man, dass die Mündungsarme desselben stets die Tendenz zeigten (gegen das Meer gewendet), sich von rechts nach links oder von Süden gegen Norden auszubiegen. Seinerzeit floss der Po Primario am Fusse des Abhanges der Apenninen und verlandete damals die einstige Lagune von Ravenna. Nachdem sich die Po-Mündungen immer mehr nach Norden drängten, so war die Regierung der Republik von Venedig schon im 17. Jahrhunderte gezwungen, zur Fernhaltung der den venetianischen Laguneneinfahrten drohenden Verlandungsgefahren, die vielen Arme des Po Maestro, in dem einzigen Bette des Taglio di Viro zu vereinigen, und der Hauptwassermasse eine südliche Abflussrichtung anzuweisen.

Als der Po abermals anfing nach Norden zu drängen, da wurden neue Einbauten nothwendig, und selbst Paleocapa war von den Befürchtungen nicht frei, dass das Schwemmland des Po den venetianischen Lagunen grosse Gefahren bringen könne. Paleocapa liess, als das Schwemmland am Po Levante zusehends sich vergrösserte, die venetianischen Moli am Po di Maestro reconstruiren und verstärken, und ausserdem wurde die Wassermenge des Po Maestro durch entsprechende Einbauten reducirt, jene des Po di Tolle als des südlicher gelegenen Armes hingegen damit vermehrt.

Die Gründe des Ausbiegens und des Drängens der Po-Mündungen nach Norden sind in den vom herrschenden Winde, dem Scirocco, erzeugten Wellen zu suchen. Die Windresultante trifft, wie schon Lombardini beobachtet hatte, die dortige Küste unter einem so günstigen Winkel, dass die Wellenbewegung (was schon aus einem guten Kartenbilde entnommen werden kann) auf die Deltabildung den entsprechenden Einfluss nehmen muss. Dass die Wellenströmungen, wie viele an Flussmündungen gemachte Studien es bestätigen, der Ausbreitung des in das Meer fliessenden Süsswassers sehr bedeutende Hindernisse entgegensetzen, ist bekannt, die darin enthaltenen Materialien werden stets gezwungen, nach der Seite des geringsten Widerstandes, d. i. windabseits, oder unter den Wind (sotto vento) zu fliehen.*)

Boscovich und Brighenti bestätigen durch viele Erfahrungen, dass die von den herrschenden Winden erzeugten Grundwellen die Ausbildung

*) Die angewendeten Kunstausdrücke: „windseits," „windseitig," „ober den Wind" (sopro vento) oder „windabseits," „windabseitig," „unter dem Wind" (sotto vento) sind so zu verstehen, dass, wenn von einem Objecte aus gegen das Meer gesehen wird, die „Windseite," „windseitig," als jene zu deuten ist, von welcher aus der Wind zum Objecte kommt, und „windabseitig," „windabseits," als jene Seite, nach welcher hin der Wind das Object verlässt.

des Po-Delta wesentlich beeinflussen. Man könnte glauben, dass die an dieser Küste von Nord gegen Süd fliessende Litoralströmung auf die dortige Materialablagerung entsprechenden Einfluss nehmen sollte; allein die in der Natur vorkommenden Thatsachen widersprechen diesen Annahmen. Die zur Ruhe kommenden Materialien können, wo die localen Bedingungen vorhanden sind, gegen die Richtung der Litoralströmung bewegt werden.*)

Zur Vervollständigung des allgemeinen Bildes über die im Schosse der Adria stattfindenden Materialbewegung erwähnen wir noch einer kurzen Notiz des Professors Mantovani an Cialdi.

„In dem langen vom Cap Conero bis Pesaro reichenden „Zuge der adriatischen Westküste," sagt Mantovani, „fand ich „zwischen den Sanden, welche das Meer dort zurücklässt, oft viele „Gesteinsfragmente derselben Natur vor, wie jene, aus welchen die „Felsen des Cap Conero gebildet sind. Nach den vorliegenden „Thatsachen scheint es, dass eine von Conero nach Pesaro — „gegen die von Nord gegen Süd fliessende Litoralströmung — „gerichtete Wasserbewegung (sie mag auch darüber hinausgehen), „diese Felsfragmente gegen Norden zu fortgeschleppt hat. Dieser „Materialtransport braucht nicht immer an der Wasseroberfläche „stattzufinden, da sich mir dieselbe Erscheinung am Meeresgrunde „auch kundgab. Die mikroskopische Untersuchung der Materialien, „welche ich bei den durch das königliche Marineministerium unter„stützten Lothungen vom Meeresgrunde erhalten habe, ergaben, „dass der grösste Theil des Grundschlammes aus den Ueberresten „von Polypen und Foraminiferen, welche mit Vorliebe in dem „südlicher gelegenen Meere leben, bestanden habe. — Aber auch „Ueberreste solcher Arten von Meeresbewohnern habe ich angetroffen, „welche lebend nur im Golfe von Brindisi oder im siculischen „Meere angetroffen werden. Es wäre wohl sehr wichtig, die Ursachen „zu ergründen, welche diesen schon lange andauernden Material-

*) Der Geologe Paoli, welcher sich mit der Aufsuchung der Ursachen der vorkommenden Veränderungen an der italienischen Küste zwischen Ravenna und Ancona beschäftigte, sagt: „Die Thatsachen und Beobachtungen bestätigen, dass die Anlandungen und das Zurücktreten des Meeres von der Küste überall von den Wellenbrechungen abhängig sei, welche bei den gewöhnlichen Südost- und Ostwinden ausreichen, die verschiedenen Sedimente der Flüsse, gegen das Meer gewendet, von rechts nach links zu tragen, und sie überwiegen die Wirkungen der Litoralströmung in jeder Hinsicht.

„transport am Grunde und an der Küste der Adria gegen Norden „zu bewirken. Das Profil der Adria, welches von Süd nach Norden „aufgenommen wurde, constatirt gegen Norden zu einen Material- „auftrag, und die consequent daraus folgende Verringerung der „Meerestiefe, während im Süden eine Zernagung der Küsten statt- „findet. Auch jene Stoffe, welche der Esino und andere zwischen „Ancona und Pesaro einmündenden Flüsse an das Meer abgeben, „lagern sich der Litoralströmung entgegen derart ab, dass die in „das Meer ragenden zungenförmigen Materialfiguren nach Norden „zu ausgebogen erscheinen."

Auch diese Angaben bestätigen, dass die von den herrschenden Winden erregten Wellen, und die während des Umbildungsprocesses erwachenden Wellenströmungen auf den Materialtransport in dem Meere den grössten Einfluss nehmen, und wo die Bedingungen vorhanden sind, auch solche Küsten ausbauen, welchen die terrestrischen Süsswasserflüsse gänzlich fehlen.

In grossen Zügen zusammengefasst, fallen an dem nördlichen und nordwestlichen Theile der venetianischen Küste, in Bezug auf die Anlandungen, zwei sich am Meeresstrande begegnende Hauptthätigkeiten der Atmosphäre besonders in das Auge. Landseits bringen die zahlreichen Süsswasserflüsse, die dem Alpengürtel entlehnten bedeutenden Quantitäten von Zerreibungsproducten in das Meer herab; meerseits hingegen schleppen die Wellenströmungen in den Grenzen der Anlandungszone die Materialien des Meeresgrundes derselben Küste zu. — Selbstverständlich treten mit dem Vorrücken des Festlandes und mit dem Erheben des Meeresgrundes immer neue Zonen unberührten Meeresbodens in das Feld der Anlandungszone, sowie in die Wirkungssphäre der Wellenthätigkeit, und wie gegenwärtig, in ähnlicher Weise baute sich das Festland der lombardisch-venetianischen Küste schon lange, das Meer verdrängend, aus, bis schliesslich einst turbulentere geologische Umwälzungen dem Gange dieser Ereignisse vielleicht einen anderen Curs geben werden.

Die eben entwickelten Naturgesetze, welche wir bezüglich der Materialbewegung am Meeresgrunde durch die aus den Wellen entfesselten Wellenströmungen kennen gelernt haben, sind allgemeine für jeden Hafen und für jede dem freien Meere ausgesetzte Küste giltige.

Nach den bisherigen Erfahrungen haben die Wellenströmungen über die Gezeiten- und Litoralströmung ein solches Uebergewicht, dass es nicht wissenschaftlich wäre, die landbildende wie die landzerstörende Thätigkeit des Meeres, vornehmlich der Litoralströmung zuschreiben zu

wollen. Die bei der Materialbewegung verrichtete Hauptarbeit ist vorwiegend als Resultat der Wellenthätigkeit aufzufassen. Die Wirkungen der Wellenströmungen werden zwar nach dem Grade der Meereserregung, nach der Configuration und der geologischen Beschaffenheit der Küsten, nach den localen Verhältnissen des Luftkreises modificirt werden, allein der Gang jener physischen Gesetze, welche die Umbildungen der Meeresküsten veranlassen — bleibt immer derselbe.

C. Einfluss der säcularen Boden- und Meeresschwankungen auf die Verlandungen der venetianischen Küsten der Adria.

Wir haben in unserem hydrographischen Bassin uns hinsichtlich der landbildenden Thätigkeit der continentalen Flüsse und des Meeres zumeist auf dem Felde des Positiven bewegt, dabei wurden die wichtigsten Thatsachen vorgeführt, welche die geschilderten Vorgänge an der venetianischen Küste in grossen Umrissen zweifellos erscheinen lassen.

Die Anlandungen der Meeresküsten können sowohl von den Boden- als wie von den Meeresschwankungen beeinflusst, und je nach der Natur solcher Verticalbewegungen von denselben sowohl gefördert, als auch verzögert werden. Bei dem Umstande, als die Lage der Meeresstrandlinien, dann der Grenzlinien des Festlandes in Bezug auf die Beurtheilung der Verticalbewegungen des Bodens und des Meeres sehr wichtige Anhaltspunkte gewährt, erscheint es nöthig, soweit es der Rahmen dieser Schrift erfordert, die Betrachtungen auch auf dieses Gebiet auszudehnen. Beide Erscheinungen wurden von der nimmermüden Generation der jetzigen Gelehrten schon längst ins Auge gefasst, welche hiefür, weil sich diese Bewegungen dem Beobachter erst in grossen Zeitperioden kundgeben, die Kunstausdrücke der „säcularen Bodenschwankungen“ (Hebungen und Senkungen des Festlandes) und der „säcularen Meeresschwankungen“ (Hebung und Senkung des Meeresniveaus) geschaffen haben.

Die Erkenntniss der säcularen Festlandsniveauänderungen, deren Entstehungsursachen auf die im Erdinnern oder in der erstarrten Erdkruste thätigen Kräfte zurückgeführt werden, ist schon alt, und setzt einen constanten Meeresspiegel voraus. Dr. Schmick gibt (siehe die in der Einleitung citirten Werke) hingegen an, dass ein constanter Meeresspiegel mit seinen auf dem Gebiete der Geologie gemachten und von sehr instructiven Beispielen unterstützten Forschungen unvereinbar sei. Die Meere unterliegen nach der anfänglich gegebenen Skizze ebenfalls Niveau-

schwankungen, welche sich in erster Linie in einundzwanzigtausendjährigen Perioden wiederholen. Die Kräfte, welche diese Meeresschwankungen veranlassen, sind kosmischer Natur. Die Sonne und der Mond vereint, verursachen die Gezeitenwelle, die Ebbe und Fluth unserer Küsten; wir nennen sie Meeresschwankungen niederer Ordnung. Die Gezeiten als solche unterliegen nach Ablauf gewisser Zeitperioden abermals Schwankungen, und schliesslich bringt die Sonne für sich wieder Meeresschwankungen, aber höherer Ordnung hervor, welche nach einundzwanzigtausendjährigen Zeitperioden sich uns durch die „säculare Fluthwelle“ offenbaren sollen.

Schon diese wenigen Bemerkungen genügen, um zu erkennen, wie schwer es wird, solche Fixpunkte zu gewinnen, auf welche alle diese Bewegungen bezogen werden könnten, um ihren Werth auf diesem Wege zu erforschen. Wenn wir daher den Versuch wagen, festzustellen, in wie ferne die Boden- und Meeresschwankungen die Anlandungen der venetianischen Westküsten der Adria unterstützen oder verzögern, so geschieht dies nur insoweit, als wir auf Grund gewonnener Anhaltspunkte die Bewegungsrichtung derselben festlegen. Es handelt sich hier nur um die Erforschung localer Bodenschwankungen, keineswegs aber um eine stratigraphische Behandlung des Gebietes, in welchem wir uns bewegen.

Es muss noch erwähnt werden, dass die Richtung, und so weit die Argumente reichen, der Werth der säcularen Verticalbewegungen bestimmter Bodencomplexe der Erdkruste nur mit Zuhilfenahme der relativen Lage der Niveaus, welche terrestrische Objecte zu einander, oder in Bezug auf den Meeresspiegel in der historischen Zeit innegehabt haben — beurtheilt werden kann; über diese Grenze hinaus nehmen jene Merkmale, welche auf Bodenbewegungen schliessen lassen, zumeist hypothetische Charactere an.

Bei den Bodenschwankungen ist es viel leichter Hebungen als Senkungen nachzuweisen, weil die ehemaligen Strandlinien bei versunkenem Boden unter der Meeresfluth begraben liegen, während Marken bestandener Meeresniveaus an gehobenen Küsten, soweit sie erhalten sind, deutlich wahrgenommen werden können.

Von Dalmatien an über Triest, Grado, Venedig, die Po-Mündungen bis Rimini und darüber hinaus, wurde der Küstenzug der Adria von Herrn G. v. Klöden hinsichtlich der Bodenbewegungen sehr eingehend studirt. Früh besiedelte Küstenstriche liefern durch die alten Bauten, durch alte Urkunden und Ueberlieferungen bezüglich der Niveauveränderungen des Festlandes für vergleichende Studien eine Menge

Beobachtungsmateriales, und an der früh bewohnt gewesenen venetianischen Küste werden die Senkungserscheinungen mit vieler Wahrheit nachgewiesen.

In der Nähe von Brindisi finden sich an der Küste noch Hebungsspuren vor, es deuten die zahlreichen Strandseen der Capitanata und Apuliens ebenfalls auf Hebungserscheinungen; bei Ancona jedoch verschwinden dieselben dann gänzlich.*) Nördlich davon beginnt das für die vorliegende Studie wichtige Gebiet des Küstenlandes — es ist das Po-Delta und das Lagunengebiet von Venedig. Von der Piavemündung gegen Osten werden wir die Bodenbewegungen an der Küste nicht weiter verfolgen.

Unweit von Rimini sollen zwei Städte im Meere verschwunden sein; von Concha, wie eine derselben hiess, will man am Meeresgrunde jetzt noch Thurmreste u. s. w. erkennen (Hahn). Wichtigere Anhaltspunkte liefert bezüglich der Bodensenkungserscheinungen Ravenna. — Lanciani gibt an, dass Zendrini viele Monumentalbauten in den Kreis seiner Betrachtungen gezogen habe, welche eine Senkung des Bodens sicherlich glauben machen.

Wird die mittlere Fluth im adriatischen Meere mit 0·53$^{met.}$ über den Pegel von Ravenna angenommen, so ergibt sich, dass:

der innere Fussboden des Mausoleums des Königs Theodorich 0·472$^{met.}$

der antike Fussboden des Grabmales von Galla Placidia . 0·099 „

„ „ „ von St. Giovanni in fonto oder Metropolitan-Baptisterium . . . . 0·414 „

unter der Ebene der mittleren Fluth sich befindet. Diese Gebäude sind mit grosser Solidität ausgeführt, und auf tiefliegenden, guten Fundamenten hergestellt, so dass, wie es die nachfolgenden Citate aus alten Aufzeichnungen erweisen, eine so bedeutende Setzung der Bauten, deren Fussböden seinerzeit wenigstens 2—3$^{met.}$ über der Fluth angelegt war, gar nicht anzunehmen ist.

Im Spicilegium historiae ravennatis (aus Muratori Script. rer. ital. tom I. parte II, pag. 568) kann man über den im Jahre 426 n. Chr. erbauten Votiv-Tempel da Galla Placidia Folgendes lesen:

„Impatiens . . . morae majoris cum sapientibus habito consilio, juxta portam, quae arx Meduli vocatur, construendae basilicae locum elegit . . . . Iterum Augusta sudibus (Pfähle) locum implet, super quos lapidea fundamenta componit. — Erat enim palustris locus qui sua mobilitate structuram lapidum non admittebat.“

---

*) Dr. Hahn: Untersuchungen über das Aufsteigen und Sinken der Küsten.

Wie mansieht, wurde keine Mühe gescheut, um den Bau solide durchzuführen, man griff bei dem gegebenen Sumpfboden zur Methode der Fundirung mit Pfählen, über welche sodann die steinernen Fundament zu liegen kam. Es konnte auch bei dem sumpfigen Boden Ravennas keine andere Fundirungsart mit Vortheil angewendet werden. Auch Vitruvius (lib. II cap. IX) sagt, indem er vom Gebrauche der Hölzer und von den Eigenschaften der Erle spricht:

„Itaque quia non nimis habet in corpore humoris, in palustribus locis infra fundamenta aedificiorum palationibus crebre fixa recipiens in se, quod nimis habet in corpore liquoris, permanet immortalis ad aeternitatem et sustinet immania pondera structurae et sine vitiis conservat. Ita quae non potest extra terram paulum tempus durare, ea in humore obruta permanet ad diuturnitatem. Est autem maxime id considerare Ravennae, quod ibi omnia opera et publica et privata sub fundamentis eius generis habeant palos."

(Lanciani.)

Da Vitruvius bekanntlich ein Zeitgenosse des Augustus war und von Pfahlfundamenten berichtet, so ist daraus zu ersehen, dass in Ravenna schon 4½ Jahrhunderte vor der Erbauung der Basilica di St. Giovanni Evangelista Gebrauch war, die Gebäude auf Pfahlfundamenten herzustellen. Auf diese Thatsachen gestützt, kann daher mit gutem Rechte behauptet werden, dass in dem 5. und 6. Jahrhunderte, also um die Zeit der Erbauung der Basilica St. Giovanni Evangelista, bei der leichten Bodengattung die anderen Bauten in gleicher Weise fundirt werden mussten, jedoch nicht so, dass man, wie bei den eben angegebenen drei Bauten, den gewöhnlichen Boden unter die Ebene der Fluth gelegt hätte; sondern der trockene Boden der unteren Räumlichkeiten wurde in Anbetracht der localen Bodenverhältnisse, wie es heute noch geschieht, 2 bis 3$^{\text{met.}}$ über der Ebene der mittleren Fluth disponirt. Die Senkung der vorher angegebenen alten drei Baudenkmale beträgt seit ihrer Erbauung in dem 14. Jahrhunderte 2 bis 3$^{\text{met.}}$; es entfällt auf ein Jahrhundert 0·14 bis 0·21$^{\text{met.}}$ oder im Mittel 0·17$^{\text{met.}}$.

Bei den öffentlichen Gebäuden der Gegenwart befinden sich die untersten Fussböden in einer Höhe von 2 bis 3$^{\text{met.}}$ über der gewöhnlichen Fluth. Der Erdboden der Stadt hat sich in Folge der Sedimentablagerungen der dort situirten Flüsschen Ronco und Montone seit der Zeit um diesen Betrag gehoben. Die Stadt Ravenna war durch verheerende Landanhäufungen dieser Flüsse seinerzeit viel geplagt. Die letzteren wurden, um diesem Uebel abzuhelfen, in der ersten Hälfte

des vorigen Jahrhundertes von Zendrini und Manfredi durch entsprechende Correctionen von der Stadt abgelenkt.

Cristoforo Sabbadino berichtet weiters, dass das gegenwärtige Meeresniveau mit den antiken Mosaikfussböden der Basilica Ursiana und jenen des Tempels St. Apollonare in Ravenna in gleichem Niveau liegt. Aehnliche Bodensenkungserscheinungen lassen sich bei den alten Objecten der Stadt Adria ebenfalls nachweisen.

In Venedig und in dem dazu gehörigen Lagunengebiete wurden die Bodenniveauänderungen, da es sich dort um die Erhaltung der Lagune handelt, mit vieler Aufmerksamkeit verfolgt.

Lyell gibt in seinen Schriften an, dass beim Bohren artesischer Brunnen in Venedig im Jahre 1847, in der Tiefe von $126^{\text{met.}}$ ein Torflager angebohrt wurde, welches Pflanzenreste enthalte, deren Individuen heute noch an der Küste vorkommen. Die Tiefe des Torflagers würde auf eine sehr bedeutende Senkung des Bodens schliessen lassen. In Venedig wurden im Ganzen 17 artesische Brunnen gebohrt. Seit October 1852 haben neun davon gänzlich zu fliessen aufgehört, und die zu verschiedenen Zeiten vorgenommenen Wassermessungen der übrigen acht Brunnen ergaben eine stetige Wasserabnahme, so zwar, dass dieselben im Jahre 1864 zusammen nur mehr 488 Liter Wasser pro Minute lieferten. Sämmtliche Brunnen liegen im recenten Schwemmlande, dessen Schichten durch Zusammenbacken und Verdichtung fortwährenden Bewegungen unterworfen sind. Es ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass die Bodenbewegungen zur Verschlämmung und Verkrustung des unteren Brunnensteigrohrendes viel beigetragen, und dass sie dasselbe mit der wasserführenden Schichte ausser Fühlung gebracht haben. Ein Versiegen des gespannten Wassers der aus dem wasserreichen Alpengebiete reichlich gespeisten wasserführenden Schichten ist kaum anzunehmen.

Die interessante anonyme Broschure des Ingenieurs B. gibt über die Senkung des Stadtgebietes von Venedig sehr lehrreiche Anhaltspunkte. Die Krypta der Markuskirche in Venedig (Beginn des Baues im Jahre 1043, eingeweiht am 8. October 1085), war früher vollkommen trocken; seit dem Jahre 1569 begann in dieselbe Wasser einzudringen. Dieser Raum dessen Boden gegenwärtig $0{\cdot}4^{\text{met.}}$ unter der Ebene der mittleren Fluth liegt, wurde in neuerer Zeit mit Cement trocken gelegt. In der Kirche St. Vito e Modesto wurde im Jahre 1745 ein zweites Pflaster in der Tiefe von $2{\cdot}5^{\text{met.}}$ aufgedeckt. In der Kirche St. Simone e Giuda fanden sich nicht weniger als drei übereinander liegende Fussböden vor. Unter dem jetzigen Pflaster des Markusplatzes fand man im Jahre 1722 bei

Gelegenheit einiger Nachgrabungen ein zweites Pflaster, welches einen Meter unter dem Meeresniveau lag. Da in höheren Niveaus neue Pflaster und neue Fussböden nothwendig wurden, so ist anzunehmen, dass das in die verschiedenen Räume eindringende Meerwasser solche Bodenerhöhungen nothwendig machte.

Es ist kaum anzunehmen, dass die Vorfahren ihre Fussböden und Pflasterungen unter dem Meeresniveau angelegt haben sollten, dieselben konnten nur durch Bodensenkungen in die jetzige Position versetzt worden sein.

Gehen wir mit unseren Betrachtungen in das Lagunengebiet über. In dem Streifen Landes, St. Vincenco di Cà di Riva genannt, welcher in der oberen Lagune von zwei Armen des Sile, dem alten „Duxia," jetzt „Dolce" und dem Sioncello begrenzt ist, lag seinerzeit der Ort Cà di Riva. Die dortige Umgebung bestand früher aus Feldern, Wiesen und war von zahlreichen Kirchen und Landhäusern bedeckt; die Bewohner mussten von dem fruchtbaren Lande den Bischöfen von Torcello und den bestandenen Klöstern viel Pacht an Wein und Früchten bezahlen. Der Sile mündete dort in mehreren Armen in die Lagune. Die Documente aus dem 8. und 11. Jahrhundert bezeichnen dieses Land noch als wohlhabend und fruchtbar; im 13. und 14. Jahrhundert war dieser Bodencomplex schon zum grössten Theile unter dem Wasser verschwunden. Nicht weit von Cà di Riva befand sich am Canal Dolce ein grasiger Rücken mit dem Namen Monte dell' Oro, von welchem das Volk viel fabelte. Auch dieser Landrücken, worauf ein dem heiligen Cataldo geweihtes Kloster erbaut war, ist mit der Zeit verschwunden. Verhältnissmässig gross ist die Zahl der bekannten verschwundenen Ortschaften: Costanziaca, Ammiana, Ammianella, Gujada, la Cura, St. Arrian, St. Cristina und andere existiren nicht mehr. Unter diesen waren Ammiana und Ammianella zwei sehr ansehnliche Orte. Bis zum Jahre 1555 war von Ammiana noch ein Thurm übrig, gegenwärtig zeigen nur zwei Sandrücken (dossi) die Lage der einst bestandenen Wohnorte an. Torcello, eine Stadt in der oberen Lagune, war einst sehr reich, und zur Römerzeit stark bewohnt. In Folge eingetretener, durch Bodensenkungen begründeter Versumpfungen gerieth sie nach und nach in Verfall. In der Krypta der dortigen Hauptkirche dringt gegenwärtig eine Süsswasserquelle ein.

Bei Fusina in der mittleren Lagune bestand seinerzeit eine Insel Namens St. Marco di Lama; sie beherbergte ein Mönchskloster und war auch sonst bewohnt. Einige Zellen dieses Klosters waren schon im Jahre 960 unter Wasser. Weil sich diese Insel immer mehr

verlor, befahl die Regierung der Republik im Jahre 1328, die gefährlichsten Stellen derselben durch Pfahlwerke und Dämme zu verstärken. Zwei und einhalb Jahrhunderte bevor die Brenta von Fusina weg in die untere Lagune abgeleitet wurde, begann die Zerstörung, und im Jahre 1551 waren von der Insel nur geringe Spuren mehr vorhanden.

Aus den alten Documenten geht hervor, dass die in der unteren Lagune nordwestlich von Chioggia gelegenen grösseren, 4—6 Fuss tiefen Wasserbecken der Mille Campi, welche sich in den Lagone, Valone und Nel Inferno theilen (siehe Figur 1 Tafel II), ebenfalls durch Bodensenkungen entstanden sein sollen. Nicht weit von diesen liegen die Valle di Figheri, Valle delle Morosina u. s. w. Im Jahre 1505 sollen sich in der Nähe der Mille Campi nur Sümpfe und Moräste befunden haben, welche von den seinerzeit dort fliessenden Brenta und Bacchiglione herrührten. In der von Sabbadino im Jahre 1556 aufgenommenen Terrainkarte kommen zusammenhängende Wassercomplexe, wie die heutigen Mille Campi es sind, nicht vor; hätten sie damals die jetzige Ausdehnung gehabt, so würde Sabbadino in seiner Terrainaufnahme sie gewiss ersichtlich gemacht haben, nachdem er viel kleinere, südlich davon gelegene Wassertümpel wie: del Sale, Acque nere, Riole, Anghier, Sioco, Verzilio, Aganzera, Lago secco, Lago grande, Torsone, welche sich mit der Zeit vergrösserten, oder später den Namen änderten, darin aufgenommen hat. Aus der Zeit der Novissimoverlegung wird eines Vertrages vom Jahre 1607 Erwähnung gethan, in welchem als verkauft aufgeführt erscheinen: 1175 Felder, mit Weingärten, Busch und Strauch. Die Felder sollen in der Nähe der Villa Conche (siehe Taf. II Fig. 1) in der Richtung der heutigen Mille Campi gelegen gewesen sein. Aus diesen Argumenten geht hervor, dass die Entstehung und Vergrösserung der genannten Wasserbecken nur als Resultat einer Bodensenkung aufgefasst werden könne.

Diese Thatsachen ergeben, dass an der zwischen Ravenna und der Piavemündung gelegenen Küste ein ausgesprochenes Senkungsfeld vorhanden sei, und auch die im verflossenen Jahrhunderte herrschende Ansicht, dass der Meeresspiegel sich hebe, kann keine Geltung haben, zumal nach Dr. Schmick die säculare Fluth des schwankenden Meeres gegenwärtig auf der Südhalbkugel steht, und die Continente auf der Nordhalbkugel bis zu Ende der gegenwärtigen Schwankungsperiode noch immer trocken gelegt werden.

Früher wurde gefunden, dass die Bodensenkung in Ravenna im Jahrhundert $0{\cdot}14^{\text{met.}}$ bis $0{\cdot}21^{\text{met.}}$, daher in einem Jahre $1{\cdot}4^{\text{mm.}}$ bis $2{\cdot}1^{\text{mm.}}$ im Mittel $1{\cdot}7^{\text{mm.}}$ betragen soll. Im Rayon von Venedig schlägt man

nach den bisherigen Erfahrungen den Betrag der Bodensenkung im Mittel auf 0.3$^{met.}$ im Jahrhundert, oder 3^{mm} im Jahre an.

Ueber die Ursachen dieser Senkungserscheinungen herrschen verschiedene Ansichten. Der vorliegende Fall dürfte durch das Zusammensacken der mächtigen Schlamm- und Sandschichten des Schwemmlandes dieser Flachküste am besten zu erklären sein. In der Lombardie wurde die muthmassliche Stärke der Po-Schwemmebene (siehe Taf. II Fig. 3) mit einer beiläufigen Tiefe von 1200$^{met.}$ gefunden, sie ist aber aller Wahrscheinlichkeit nach viel mächtiger.

Wenn diese Angabe auch etwas hypothetischer Natur ist, so trägt sie doch dazu bei, jene Vorstellung zu kräftigen, dass so enorme Schichtenstärken des Schwemmlandes, in welchen Lyell auf 126$^{met.}$ noch verhältnissmässig junge Torflager anbohrte, nicht nur eine Volumsverminderung der minerogenen Bestandmasse, sondern auch eine Verdichtung der darin vergrabenen organischen Stoffe, wie es die Torflager sind, nach sich ziehen müsse. Es scheint jedoch, dass die Senkungserscheinung des betrachteten Küstengebietes nicht allein in dem Zusammensacken des Schwemmlandes begründet seien, sondern dass sie in den Wirkungen unbekannter physischer Gesetze mitverflochten sind, da Klöden an der dalmatinischen Küste, wo man es mit keinem Schwemmlande, sondern nur mit Kreidefelsen und andern widerstandsfähigen Gesteinen zu thun hat, bekanntlich ebenfalls Senkungen nachgewiesen hat.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass bei der Verwandlung von geschichteten Silicatgesteinen in krystallinische wasserfreie Felsarten, eine Volumsabnahme der Gesteinsmasse stattfindet, sie wird dabei dichter und specifisch schwerer. Wenn die Gemengtheile des Granits krystallinisch werden, verlieren sie nach Bischof 10% des Rauminhaltes. Aehnliche Vorgänge können auch bei dem Umbildungsprocesse der Schichten aufgeschwemmter Bodencomplexe in Schichtgesteine vor sich gehen, und für Senkungen als schwerwiegende Erklärungsgründe aufgefasst werden.

Andererseits entsteht nach den Lehren von Gustav Bischof, wenn die Starrheit von Silicatgesteinen durch Zersetzung gelöst wird, eine Volumszunahme derselben Mineralproducte, die specifische Schwere eines gleichen Volumens derselben nimmt dabei sebstverständlich ab. Bei zersetzten Gneisen, Graniten, schwankt die Volumszunahme zwischen 30 und 65%; bei Feldspathen erreicht sie 100% und bei Basalten überschreitet sie sogar diesen Massstab, so zwar, dass z. B. ein unzersetztes Basaltlager von einer deutschen Meile Mächtigkeit, in Folge der Zersetzung um eine volle Meile, also selbst bis zu den Gipfeln des Himalaya

aufsteigen würde.*) Wenn daher die von den Alpen abgeschwemmten, durch Verwitterung zersetzten Gesteine in den Schichten der lombardisch-venetianischen Schwemmlandes zur Ruhe kommen, so muss die von den Muttergesteinen abgelöste starre Masse anfangs eine Volumsvergrösserung, und später, wenn sich daraus wieder sedimentäre Schichtgesteine bilden, eine Volumsverminderung erfahren.

Die eben angeführten Thatsachen liefern den Beweis, dass zwischen Rimini und der Piavemündung eine Bodensenkung wirklich besteht. Wenn wir nicht fürchten müssten, von der Behandlung des vorliegenden Themas zu weit abzuweichen, so könnten dafür an dieser Stelle noch viele interessante Belege eingeflochten werden.

Bei dem Umstande, als die säculare Fluth nach Dr. Schmick gegenwärtig auf der Südhalbkugel steht, haben wir während dieser Präcessionsperiode es auf der Nordhalbkugel mit einer Meeresspiegelsenkung zu thun. Wenn daher in der Adria ein Sinken des Meeres in der That stattfindet, so werden die Bodensenkungen an der venetianischen Küste dadurch umsomehr bestätiget, weil die Entstehung der Mille Campe, das Verschwinden des fruchtbaren Landstriches bei Cà di Riva, weder einem sinkenden Meere, noch einem steigenden Festlande entsprechen können, und schliesslich geht aus diesen Erwägungen noch die weitere Thatsache hervor, dass der Betrag der Bodensenkung in diesem Küstenstriche grösser zu sein scheint, als jene muthmassliche des Meeresniveaus.

Die Verknüpfung des nach den Schmick'schen Lehren abgeleiteten Alters des recenten Po-Deltas mit den jüngsten Flussterrassen des diluvialen Theiles der Po-Ebene, ermöglicht, mit Rücksicht auf die gegebenen Ausführungen, der muthmasslichen jährlichen mittleren Senkung des Meeresspiegels noch weiter nachzugehen.

Bevor noch die Bildung des recenten Theiles des Po-Delta beginnen konnte, muss bei dem letzten hohen Stande der säcularen Fluth auf der Nordhalbkugel in der lomb. venet. Tiefebene die Strandlinie des Meeres vor 11.133 Jahren in derselben Höhe gestanden sein, in welcher die zu Beginn des diluvialen Theiles der Po-Ebene situirten jüngsten Flussterrassen gelegen sind. Der Anfang dieser Terrassen, deren Entstehungsursache bereits angedeutet wurde, befindet sich in der Uebergangszone des recenten zum diluvialen Theile der Po-Ebene. Zollikofer sagt in seiner Abhandlung Bassin hydrographique du Po: **) „Les dernières

*) Peschel vergleichende Erdkunde. Bischof chem. und physik. Geologie I. 336.

**) Extrait du Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles, Nr. 41.

„terrasses s'observent à peu près à l'embouchure de l'Ollio ou à $20^{met.}$ „au-dessus du niveau de la mer, de sorte que la courbe de niveau de „$20^{met.}$ indiquera approximativement la ligne de séparation du delta „diluvien avec le delta moderne.“

Da die in der Nähe der Ogliomündung situirten Flussterrassen, wo das Meer vor 11.133 Jahren gestanden sein soll, $20^{met.}$ über dem heutigen Meeresniveau liegen, so muss, nach dem heutigen Stande desselben zu urtheilen, eine mittlere jährliche Senkung des Meeres von $\frac{20}{11133} = 0\cdot0017^{met.}$ oder $1\cdot7^{mm.}$ stattgefunden haben.

Man wäre versucht, zu glauben, dass die fragliche Meeressenkung, angesichts solcher Zahlen, sich nach Ablauf grosser Zeitperioden an unseren Meerespegeln nachweisen liesse; allein, wenn man die Eigenart der Bewegung dieser Küsten näher verfolgt, so ergibt sich, dass die thätigen Naturkräfte jene Spuren, an welche die Forschung anbinden könnte, durch Complicationen zu verwischen suchen.

Der Werth der jährlichen Bodensenkung beträgt für das Gebiet von Venedig, wie bemerkt, $3^{mm.}$, für Ravenna im Mittel $1\cdot7^{mm.}$ und das Mittel der Verticalbewegung des ganzen Senkungsfeldes $2\cdot35^{mm.}$, welches entschieden grösser ist, als die für das Meer mit $1\cdot7^{mm.}$ gefundene. Diese Angaben lassen die Folgerung zu, dass die Differenz der Bewegungsgrössen von Festland und Meeresniveau an einem im Meeresboden festgegründeten Pegel mit der Zeit zu erkennen sein müsste, wenn die Höhenlage der, zu Anfang der Beobachtungen mit dem Meeresspiegel zur Coincidenz gebrachten Nullmarke des Pegels weiter verfolgt werden würde. Mit Beibehalt der eben erwähnten Werthe müsste beispielsweise nach Ablauf von 100 Jahren der Pegelnullpunkt sich $(2\cdot35 - 1\cdot7)\ 100 = 6\cdot5$ Centimeter unter dem Meeresspiegel befinden, und zwar deshalb, weil der Betrag der Bodensenkung grösser ist, und damit wäre die Thatsache des sinkenden Meeresspiegels schlagend bewiesen. Verfolgt man jedoch derlei Vorgänge eingehender, so verwirrt sich das erhaltene Bild mit dem Vertiefen in die einschlägigen Betrachtungen. Abgesehen von den ungleichen Werthen der Senkungen oder Hebungen nahe gelegener Localitäten (in Ravenna beträgt die mittlere jährliche Senkung $1\cdot7^{mm.}$, in Venedig $3^{mm.}$), wird innerhalb gewisser Zeitperioden auch die Regelmässigkeit der Schwankungen der täglichen Gezeiten sowohl, wie jene der säcularen Fluthwelle durch eine Menge nebensächlicher Einflüsse gestört. Wenn daher jene Correctionen nicht bekannt sind, welche bei Ermittlung des wahren Werthes im Kalküle regelmässiger Bewegungen berücksichtiget werden müssen, so werden in Folge dessen

auch jene Marken unsicher, auf welche die hypothetischen Bewegungen von Meer und Boden bezogen werden könnten. Deshalb sucht man in derlei Fällen oft den ersehnten archimedischen Fixpunkt vergebens, welcher uns, wenn die Richtung bekannt ist, auch den Werth solcher Boden- und Meeresbewegungen festlegen helfen könnte. Es ist nicht unsere Aufgabe, dieses Problem weiter zu verfolgen. Die Küsten der Adria stehen unter einer so scharfen Aufsicht von Geodäten, Geologen und Ingenieuren, dass es seinerzeit gewiss gelingen dürfte, den jede Uebersicht störenden Nebel der Muthmassungen zu durchdringen, die schwebenden Fragen dem Dämmerlichte zu entrücken und die zweifelhaften Probleme in der klaren, lebenskräftigen Atmosphäre positiver Forschung zur Lösung zu bringen.

Für die vorliegende Studie wird es genügen, in den vorgeführten Schilderungen constatirt zu sehen, dass wir in dem Bodencomplex des nordwestlichen Theiles der venetianischen Küste, wo unsere oft genannte Lagunenstadt wie ein versteinertes Märchen aus grauer Vorzeit über den dortigen Strandseen emporragt, in jeder Richtung ein ausgesprochenes Senkungsfeld vor uns haben.

IV. Die Versandung des Lagunengebietes und der Stadt Venedig.

a. Allgemeines. Der gedrängten Schilderung der Ursachen von den Anlandungen an der nordwestlichen Küste der Adria müssen der gestellten Aufgabe gemäss consequenterweise die näheren Betrachtungen über die Versandung des Lagunengebietes folgen, wobei jene Einflüsse besonders hervorgehoben zu werden verdienen, welche mit Hinblick auf die Existenzfrage der Stadt Venedig bei der gegebenen Sachlage am meisten Ausschlag geben. Indem bei den weiteren Ausführungen der Kreis einschlägiger Erwägungen nach und nach enger gezogen wird, gehen wir von dem weiten Felde der lombard. venet. Ebene zur näheren Betrachtung der Lagunen von Venedig und der an diese grenzenden Meereszone über. Der bereits eingehaltenen Darstellungsweise gemäss wird der dynamische Einfluss des Wassers auf die Dislocation der Materialien für die Land- sowie für die Meerseite der Lagune gesondert zur Sprache gebracht. Ausserdem wird innerhalb der Lagunengrenzen auch jener Verlandungsarbeiten gedacht, welche durch das animalische und vegetabilische Leben, sowie durch die Thätigkeit des Menschen verursacht werden. Von den Lagunen an der Adriaküste

wird nur jene von Venedig eingehender verfolgt. Das Schicksal der übrigen liegt in grossen Zügen bereits in den früheren Capiteln aufgeschlagen.

Eingehender werden jene Vorgänge geschildert, welche sich in der Nähe des Weichbildes der Lagunenstadt abwickeln, dort halten wir die jüngste Vergangenheit fest, um, soweit es die positiven Thatsachen und der menschliche Blick gestatten, auf die zukünftige Gestaltung der lagunaren Verhältnisse zu schliessen, und durch Verarbeitung der haltbarsten Argumente dem nächsten Schicksale der Lagunenstadt nachzugehen. Mit Ausnahme der zunächst kommenden Ereignisse, wird auf die Detailbetrachtung grosser Zeitperioden umfassender geologischer Umbildungsprocesse, weil sie einem anderen Beobachtungsfelde zugehören, verzichtet. Jene Landschaftsbilder der Adria, deren Werden einer fern liegenden Zukunft vorbehalten bleibt, erscheinen heute hinter dem Nebel der Hypothesen und Vermuthungen noch in so unklaren Umrissen, dass es nicht leicht thunlich sein dürfte, die Entstehungsgesetze hiefür derart zu präcisiren, wie Kant seinerzeit mit den räumlich bewegten Weltkörpern es gethan hat. In dieser Studie wird die Geologie als Hilfswissenschaft auf ähnliche Weise angewendet, wie die Physiker und Mechaniker der reinen Mathematik sich bedienen, um ihren Zielen nachzustreben.

In den einleitenden Capiteln gibt das norditalienische Becken über die Entstehung und die Eigenschaften dann Eigenheiten der Mittelformen zwischen Land und Meer, welche wir an der Küste als Lagunen kennen gelernt haben, genügende Anhaltspunkte. Wie bekannt, greifen die durch Temperaturschwankungen der Atmosphäre entfesselten Kräfte sowohl auf dem Festlande als wie auf dem Meere bestimmend und gestaltend ein. Ihre Erfolge sind durch die configurative Gestaltung der Meeresküsten genügend bekannt, und, mit dem Massstabe der Menschengenerationen gemessen, fallen sie derart ins Auge, dass die mit demselben Massstabe gemessenen Meeres- und Bodensenkungen für den Augenblick ganz in den Hintergrund treten müssen.

Als wir Anfangs die Spuren meteorischer Verheerungen am Festlande verfolgten, so gingen wir auch dem Wege nach, welchen die durch die Atmosphäre gelockerten Materialien des Festlandes bis zur Meeresküste genommen haben. Aus der Verschmelzung der geognostischen und physikalischen Eigenheiten des Festlandes mit jenen des bewegten Luftkreises ergab sich ein imposantes Bild des Strebens der Materialien der Erhebungen der Erdkruste nach Horizontalität. Der Meeresgrund hingegen bleibt dem directen Einflusse der Atmosphäre entzogen, sie

vermag nur durch die Erregung des Meeres darauf indirect einzuwirken. Das trockene Land empfindet die entfesselten Kräfte der Temperaturschwankungen des Luftkreises viel mehr, als der vom Wasser bedeckte Meeresgrund. Wenn die Materialien des Festlandes durch Besonnung, durch die Verwitterung, den Frost u. s. w. mit Erfolg angegriffen und in steter Bewegung erhalten werden, so ist der Angriff der Atmosphäre auf den Meeresgrund durch das Medium der darauf lastenden Wasserschichte in Bezug auf die Materialbewegung und auf die Umbildung der Meeresküsten, wie wir gesehen haben, nicht minder hoch anzuschlagen. Die Vorgänge im Meere, in der Lagune sowie an den Küsten des Festlandes stehen stets im innigsten Zusammenhange mit dem Pulsschlage der bewegten Atmosphäre, sie ist es vorwiegend, welche die Mittelformen des Meeresstrandes zum Festland gestaltet.

Sobald die Luftströmungen über die Meeresfläche streichen, und dort mit Wasserdampf gesättigt werden, da entfesseln sie, am Festlande angekommen, tausend und aber tausend Giessbäche und geben durch die Flüsse und Ströme das entlehnte Wasser mit einem reichen Tribute continentaler Stoffe dem Recipienten wieder zurück. Dieselben Naturkräfte sorgen dafür, dass die Materialbewegung sowohl am Lande, wie am Meeresgrunde aufrecht erhalten bleibt. Dieselben Windströmungen, welche die Bewegung der Stoffe des Meeresgrundes durch das Vehikel der Wellenbewegung wach erhalten, erregen also, am Continente angekommen, auch die Materialien des Festlandes, und die Meeresküste ist der Ort, wo sie unter dem Einflusse beider Thätigkeiten zur Ruhe kommen.

Sowohl in geologischer als wie in meteorologischer Hinsicht sind in dem betrachteten Gebiete alle Bedingungen vorhanden, welche den Ausbau der Adriaküsten an hiezu geeigneten Stellen begreiflich und erklärlich machen. Die erregte Atmosphäre dieses Landstriches ist zufolge der anfänglich dargestellten Wirkungsweise gewiss fähig, von den noch nicht gealterten Gebirgsmassen der Alpen grosse Materialquantitäten zu lockern und sie den Vertiefungen des Festlandes zuzuführen. Herr Professor Eduard Suess führt in seiner bekannten, tiefgedachten Studie: „Die Entstehung der Alpen" den Beobachter mit kundiger und sicherer Hand in die Regionen dieser Gebirge, welche sich während der tertiären Zeit und am Schlusse derselben aufgerichtet haben sollen. Die Erhebung dieser Massen dauert selbst bis in die jüngste Vergangenheit fort.

Herr Professor Suess sagt: „Die Versuche, das Alter der Alpen „oder, richtiger gesagt, die Epoche ihrer Aufrichtung festzustellen,

„müssen, darüber dürfte wohl unter den Kennern der Alpen gegenwärtig „kaum ein Zweifel bestehen, von einem anderen Standpunkte als in „früheren Jahren betrachtet werden. Was festgestellt wurde, ist die „allerdings für die ältere Anschauung ziemlich überraschende Thatsache, „dass in den Alpen noch nach Ablagerung eines Theiles der mittel-„tertiären Schichten eine sehr allgemeine Bewegung der Alpen statt-„gefunden hat. Bald fand man aber im Apennin, in den Pyrenäen, „in den Karpathen dasselbe; im Kaukasus nehmen sogar sarmatische „Schichten an den grössten Störungen theil. Hieraus folgt nun, dass „die Bewegungen, welche die Aufrichtung dieser Ketten herbeigeführt „haben, bis in eine verhältnissmässig junge Zeit angedauert haben."

Die Alpen tragen auch alle Jugendreize der Entstehung an sich. Sie beherbergen zahlreiche Quer- und Längsthäler, mit einer Menge von Seen. Dieses Gebirge bietet durch seine Gletscherwelt, durch die schroff emporragenden, zum Theile pflanzenlosen Gesteinsmassen der Materialauflockerung und Bewegung zahllose Angriffspunkte dar, in weit höherem Masse als in den Apenninen, welche durch den Einfluss der Atmosphäre gealterter und stabiler geworden sind.

Mit der Gebirgswelt im Einklange stehen die continentalen Flüsse, welche die steilen Alpenthäler verlassen und der lombardisch-venetianischen Ebene zueilen. Der Po fliesst parallel zur Axe des Alpengürtels, hingegen ist die Abflussrichtung der Küstenflüsse normal auf das Streichen dieser continentalen Erhebungen gerichtet. Nach Peschel heissen die erstern Längen- und die letzteren Querströme. Bei keinem dieser Flüsse, welche von den Alpen gespeist werden, ist eine Ermüdung eingetreten. In den Schluchten der wilden zerrissenen Gebirgsmassen rauschen zahllose Giess- und Wildbäche; durch das starke Gefälle der Gerinne erwachen die Incremente der schlummernden Kraft, und sie erhalten dadurch eine Frische und Arbeitscapacität, welche zuweilen alle Vorstellungen übersteigen. Schutt und Wasser eilen brausend hernieder in die norditalienische Ebene, bis die Wasserkraft am Meere erstirbt und die Materialien zur Ruhe kommen. Bei dem bedeutenden Höhenunterschied zwischen der Quelle und der Mündung und verhältnissmässig geringer Flussentwicklung, dauert die Erosion des Wassers in den Schluchten und Thälern der Alpen noch fortwährend an. Die Gebirgsconturen unserer Alpen sind zerrissen, es fehlen jene sanften, am Horizonte projicirten Linien der Gebirgsgipfel, dann die breiten, fertigen sanftansteigenden Thäler, welche zumeist gealterten Gebirgen angehören.

Wohin sich auch das Auge in das so bewegte Landschaftsbild der Alpen versenken mag, so kann bei den jugendfrischen, in nicht

gealterten Gebirgen geborenen Flüssen von einer Ermüdung in der Materialbewegung, oder dem Eintreten einer Sedimentarmuth wohl noch für lange keine Rede sein. Das Bild des Schattenrisses auf dem Hintergrunde der Gebirge steht mit dem Anwachsen des im selben Gebiete stehenden Schwemmlandes an der Küste im innigsten Zusammenhange.

Mit Ausnahme von kleineren Ruhepausen in der Geschiebeführung, ist die Materialbewegung in den oberitalienischen Flüssen sehr bedeutend. Wenn auch die Adda und einige andere Alpenflüsse, bevor sie münden, Klärungsbassins passiren müssen, und ihnen die Aufgabe zufällt, Gebirgsseen auszufüllen, so holen andere Wasserläufe des Gebietes diesen Entgang in der Geschiebsbewegung durch ihre Ueberleistungen wieder reichlich nach.

Das configurative Küstenbild des nördlichsten Theiles der Adria drängt dem Beobachter die Thatsache auf, dass die axialen Flussverlängerungen im jetzigen Meere central zusammenlaufen. Zwischen dem Isonzo und der Piave sind die Flussläufe von Nord gegen Süd gerichtet, zwischen dem Sile, dem Bacchiglione und der Etsch liegen sie nordwestlich, nur der Po allein fliesst in diesem Gebiete mit ein paar kleineren Flüsschen direct von West nach Ost. Während die Küstenflüsse zwischen dem Isonzo und Bacchiglione die Landanhäufungen gegen Süden in das Meer vorschieben, baut der König der norditalienischen Flüsse, der Po, von der Etsch unterstützt, sein breites Delta in der Richtung gegen Osten aus.

Nach Dr. Gustav Bischof sollen die mineralischen, im Süsswasser aufgelösten Bestandtheile, bevor sie sich ausscheiden, weit in das Meer geführt werden. Aber auch die zur Zeit grosser Anschwellungen in mechanischer Suspension im Süsswasser enthaltenen schlammigen Stoffe werden im Delta und an der Küste nicht im ganzen Betrage zur Ruhe kommen, sondern ein Theil derselben setzt sich im offenen Meere ab. Das specifisch leichtere Süsswasser schwimmt über dem specifisch schwereren Meerwasser,*) und die entsprechenden Winde treiben auf diesem Wege auch die feinsten Theilchen des Sediments weit in das Meer mit, wo

*) Die mächtigen Süsswassermassen des Amazonenstromes schwimmen noch meilenweit von der Küste entfernt auf dem Meerwasser. (Spec. Gewicht des Wassers des Amazonenstromes 1·0204, jenes des dortigen Meerwassers 1·0262.) Der Mississippi fliesst in einem circa $1^1/_2$ Meilen breiten und 7 Fuss tiefen Wasserstrom in den Golf von Mejico. Derselbe fliesst auch über das Salzwasser weit hin, dem er zum Theil seine eigene Geschwindigkeit ertheilt. In v. Klöden physische Geographie und Dr. Ernst Diefenbach Geologie finden sich weitere Ausführungen.

sie dann zu Boden sinken. Die Untersuchungen der Materialgattungen des Grundes der an die Küste grenzenden Meereszone ergeben, dass in den Meerestiefen sich zumeist Schlammschichten aufbauen, während an der Küste und im seichten Meer die Sandschichten sich ansetzen, welche mit dem Vorrücken der Küsten in das Meer die Schlammschichten mit der Zeit bedecken.

Die Anschwemmungen des kräftigen Po-Flusses mit seinem ganzen Apparat von Nebenflüssen rücken gegen Osten, jene der übrigen Küstenflüsse jedoch in der Richtung gegen Süden vor. Die Materialablagerungsrichtungen beider Flussgruppen stehen daher fast senkrecht zu einander. Von den 25·1 Mill. Cubikmetern auf Trockenrückstand reducirten Materiales, welche die gesammten Flüsse Norditaliens in das Meer abgeben, entfallen 15·6 Mill. auf den Po und 9·5 Mill. auf die Nebenflüsse zwischen der Etsch und dem Isonzo. Der Po ist demnach in Bezug auf die Materiallieferung gegen die Küstenflüsse auffallend im Uebergewicht. Beachtet man zudem, dass das Po-Delta jährlich im Mittel 60$^{met.}$ vorrückt, weiters, dass die Küste bei Brondolo in den letzten 60 Jahren einen Landzuwachs von 600$^{met.}$, oder jährlich von 10$^{met.}$ erhielt, und schliesslich, dass die Sandbänke des Isonzo nach den Angaben des österreichischen Fregattencapitäns Freiherrn v. Oesterreicher jährlich um 30$^{met.}$ in das Meer sich verschieben, so wird aus diesen Angaben über den Zuwachs der nördlichen Adriaküsten die Thatsache klar, dass sich dieselbe durch das Vorrücken des Po-Schwemmlandes in der Richtung von West nach Ost aufrollen wird und während dieses Processes rückt die Nordküste bei der gegebenen Sachlage mit Hinblick auf den verschiedenen Werth der Materiallieferungen beider Flussgruppen um die Breite des Po-Deltas nach Süden vor.

Wie aus jedem Kartenbilde entnommen werden kann, hat sich das Po-Delta gegen Osten schon so weit vorgebaut, dass man die Ansicht aufgeben muss, es würden die mächtigen Materialmassen dieses Stromes das Lagunengebiet von Venedig nicht beeinflussen. Wenn schon nicht direct, so geschieht dies indirect durch die fortschreitende Umgestaltung der Küste und die allmälige Abschnürung des Golfes von Venedig, welche der freien Wellenbewegung und den aus derselben erwachenden Strömungen aus dem Grunde hinderlich sind, weil die an diesen Küsten gegeneinander bewegten Wassermassen sich stauen und die Materialablagerung fördern. Wenn die Wellen und Wellenströmungen dem Ausbreiten der Süsswassermassen und ihrer Sedimente grosse Widerstände entgegensetzen, so ist andererseits zu bemerken, dass die Gezeiten die Landbildungen an Deltaküsten nicht hindern. Die Fluth

bezweckt in dem Mündungsgebiete von Strömen eine sechsstündige Stauung des Abflusswassers und der Strom wird dadurch gezwungen, sich in seinen verschiedenen Armen so zu erbreitern, dass er das sechsstündige Stauwasser aufzunehmen vermag. Hingegen befördert die Ebbe den Erguss und das Vordringen des gestauten Wassers in das Meer und die darin vertheilten feinen Sedimente gehen als Vorposten weit hinaus, um am Meeresgrunde das Fundament für das nachrückende Schwemmland vorzubereiten.

Nachdem die säculare Fluth nach Dr. Schmick auf der Südhalbkugel steht, so dürfte sie nach circa eilftausend Jahren auf der Nordhalbkugel wieder den höchsten Stand erreicht und die Flachküsten der lomb.-venet. Ebene bedeckt haben. Unter der Voraussetzung, dass die oft besprochenen Meeresspiegelschwankungen sich bestätigen, kann angenommen werden, dass das Schwemmland der Flachküsten der Adria vom steigenden Meere gegenwärtig nicht beeinflusst wird, und dass sich die hiezu geeigneten Küstenstriche jetzt ruhig selbst dort ausbauen können, wo das Festland sinkt, weil, wie am Po und an andern Stellen nachgewiesen wurde, der Neuzuwachs an Schwemmland noch immer grösser ist, als die durch das Zusammenbacken des Bodens erfolgende Schichtensenkung. Das Lagunengebiet von Venedig wird schon lange verlandet sein, bevor der Po durch das Vorschreiten des Deltas und durch das Aufrollen der Küste darauf direct Einfluss nehmen kann und das seinerzeit steigende Meer wird nach eilftausend Jahren nicht mehr die Lagune, sondern das Festland von Venedig zu bedecken haben.

b. Landseite der Lagune. Verlandung derselben durch die Flüsse.

Die Ursachen, welche sich bei der Verlandung der Lagunen von Venedig in erster Linie geltend machen, sind die dort situirten Flüsse einerseits und die Meeresthätigkeit andererseits. Von den Flüssen sind wieder jene zu unterscheiden, welche in der Nähe der Lagune in das offene Meer münden, und solche, welche sich direct in die Lagune entladen. In der Nähe der Lagune, und die Mündung am offenen Meere situirt, haben wir im Nordosten die Piave und den Sile, im Südwesten den Bacchiglione und die Etsch. Direct in die Lagune entladen sich gegenwärtig noch die Brenta, der Novissimo, der Marzenego, Dese, Zero, der Businello und andere kleinere Wasseradern.

Die Etsch und der Bacchiglione bringen der Lagune von Venedig, weil sie von den dortigen Häfen windabseits liegen, wenig Gefahr; die herrschende Wellenströmung bewegt die Materialien dieser Flüsse gegen Süden, dem Po-Delta zu.

Hingegen liegen die Piave und der Sile an der Windseite der venetianischen Häfen, und da die herrschende Wellenbewegung und die daraus entstehenden Strömungen mit der Richtung der Litoralströmung zusammenfallen, so können die Sedimente dieser Flüsse den Ausbau der Sandbänke vor den Laguneneinfahrten vielfach unterstützen. (Siehe Situat. Tafel II. und Fig. 2 auf Tafel IV.) Die Gefahren, welche die Piave der Lagune von Venedig schon seit altersher brachte, erkannten die alten Venetianer sehr zeitlich; die Mündung dieses Flusses wurde aus dem Grunde mit einem grossen Kostenaufwande nach Cortellazzo verlegt. Trotzdem wird sich der durch das Vehikel der Wellenbewegung begünstigte Materialtransport nach den Lagunen von Venedig schwer aufhalten lassen. Bei der Besprechung der Häfen von St. Lido, Erasmo und Treporti kommen wir auf dieses Thema wieder zurück.

Jene Flüsse, welche direct in die Lagunen ausfliessen, geben ein wesentlich ganz anderes Bild. Die Schwemmproducte, welche sie bringen, bleiben in dem Falle im stillen, ruhigen Lagunenbecken liegen und werden nur zum geringen Theile durch die Gezeitenrückströmung in das offene Meer dislocirt. Aus den früheren Abschnitten ist bekannt, dass die Venetianer schon im Jahre 1310 mit den Flussablenkungs-Experimenten begonnen haben. Nach 500jährigem Ringen mit den Elementen waren die schlammreichsten lagunaren Flüsse ganz aus der Lagune verbannt, und ihre Mündungen an das offene Meer verlegt. Für die Verlandung der Stadt Venedig waren damals die Brenta und der Sile des grossen Schlammreichthums wegen am gefährlichsten, ihre Leidensgeschichte wurde bereits erörtert. Es ist aus dem historischen, die Flussablenkungen behandelnden Theile dieser Schrift weiters zu ersehen, dass die Gefällsverhältnisse der lagunaren Flüsse seinerzeit gerade nicht in einem beneidenswerthen Zustande waren; erst im Jahre 1840 wurden die alten Verhältnisse der Brentatrace durch die bekannten Regulirungsarbeiten mit der Preisgebung der Lagune von Chioggia sanirt. Die übrigen lagunaren Flüsse haben die Tracen aus der Zeit der Flussablenkungen beibehalten.

Die gegenwärtigen Zustände der einzelnen Lagunentheile ergeben folgendes Bild:

1. Die obere Lagune zwischen den Wasserscheiden St. Giacomo delle Palude und dem Argine di St. Marco. Dieser Lagunentheil hat durch die Sedimentablagerungen der Flüsse am meisten gelitten. Seinerzeit mündete dort zwischen Altino und Porte grande bekanntlich der Sile. Heute nimmt dieses Becken durch den Taglio dell' Osselino, den Marzenego, weiters den Dese und Zero bei Cona auf. Dem Beobachter

drängt sich die traurige Thatsache auf, dass der grösste Complex dieser Lagune durch Sumpfbildungen vertreten ist. Abgesehen von dem Fortschritte des Ausbaues in der Landzunge von Pordelio, welche später zur Sprache kommt, ist die Lagune zwischen Torcello und dem Argine St. Marco sehr träge geworden, weil die verschlämmten Canäle den natürlichen, vom Meere aus durch die Gezeiten genährten Spülprocess nicht genügend zu unterstützen vermögen.

Zwischen dem Litorale Cavallino und dem Taglio del Sile ragen zahlreiche cultivirte Eilande aus dem Wasser hervor, welche von Barenen und Sümpfen umgeben sind. In der Nähe der Lagune lag seinerzeit bekanntlich die Mündung der Piave. Von den eben erwähnten Flüssen war es der Sile, welcher mit seinem sedimentreichen Wasser der obern Lagune viel Schaden zufügte, und er war es, der im Verein mit andern dort situirten Wasserläufen an der Existenz vieler lagunaren Städte und Dörfer gerüttelt. Das sinkende Land unterstützte den Zustand der Sumpfbildung, weil die Schwemmproducte der Flüsse wahrscheinlich nicht hinreichten, um den angeschwemmten Boden ganz trocken zu legen.

Als der Versumpfungsprocess bis Burano, Murano, also selbst vor den Thoren von Venedig fühlbar wurde, da verwirklichte sich die besprochene Sileflussablenkung. Uebrigens hat der schlechte Zustand des Hafens von Treporti die Verschlechterung dieser Lagune mitverschuldet.

Unter den vielen vernichteten Orten befindet sich auch Torcello, welches diesem lagunaren Versumpfungsprocess zum Opfer fiel. Zwischen Sümpfen, Wein- und Obstgärten gelegen, erinnern die Reste der Baudenkmale des einstigen Torcello an dessen längst verlebte Blüthezeit. Bevor noch die Natur gegen die 40.000 Einwohner von damals das Verbannungsdecret erliess, stand die blühende Stadt in tiefer, frischer, von kräftigen Gezeiten belebter Lagune. Aus der Wechselwirkung der Anschwemmungen der Flüsse und des, durch den Hafen von Treporti immer matter gewordenen Spülprocesses der Gezeiten erwuchsen die jetzigen Sümpfe, aus welchen der giftige Hauch der Fieberluft entsteigt, um sich über der Stadt auszubreiten. Unter den Decreten der Republik befindet sich eines aus dem Jahre 1685, worin die Stadt Torcello wegen der ungesunden Luft als unbewohnbar erklärt wird, die Besiedlung des Ortes wurde verboten. Das war das Aechtungsdecret, welches die Menschen gegen die in Zerfall begriffene Niederlassung unterzeichnet hatten.

Von dem einstigen Torcello sind nur wenige Bauten mehr erhalten. Der lagunare Umbildungsprocess hat die alten Paläste bis auf einige

Reste in den Lagunenschlamm begraben. Geheimnissvolle Mährchen schwirren durch die schwüle Fieberluft und in der Erde graben und suchen die Menschen nach den versunkenen Resten der zerstörten Stadt und spüren durch die Sprache der Funde den alten Sitten, Gebräuchen und der Geschichte längst verblichener Generationen nach. Von dem wettergebräunten und verwitterten Gemäuer der alten Domkirche blickt reichlich ein Jahrtausend auf die wenigen Gebäude des stillen und einsamen Lagunenortes nieder und in den Kirchenfenstern drehen sich als Fensterabschlüsse hoch oben in eisernen Angeln bewegliche Steinplatten, schwerwiegende Zeugen aus jener Zeit, wo der Stein als Constructionsmateriale über Eisen und Holz noch die ganze Herrschaft inne gehabt hatte.

Von einem Stillstande des Verlandungsprocesses der oberen Lagune kann wohl keine Rede sein. Durch die Ablenkung des Sile wurde derselbe nur deshalb verzögert, weil der Schlammgehalt des kräftigsten der dort situirten Flüsse gegenwärtig sich zum grössten Theile direkt in das offene Meer entladet. Obwohl die Sedimente der nördlich von Mazorbo und Torcello in die Lagune von Cona mündenden Flüsse Marzenego, Dese und Zero die Sumpfbildung nicht so kräftig unterstützen können wie es früher durch den Sile geschah, so ist der nachtheilige Einfluss, welchen diese Wasserläufe auf die obere Lagune ausüben, trotzdem nicht zu unterschätzen, weil in Folge des geschwächten, durch die Gezeiten vom Meere aus unterhaltenen Spülprocesses die Sedimente fast im ganzen Betrage in der Lagune liegen bleiben müssen; die erdigen Stoffe finden in wenig bewegtem Wasser genügende Zeit, sich zu setzen und den Sumpfboden zu erzeugen. Der Sile mündet nicht in eine bewegte, vom natürlichen Spülprocesse gekräftigte Lagune. Der Gezeitenrückstrom konnte durch den tiefen Canalhafen von Treporti eine Menge Schlammes dem offenen Meere zuführen. Nach der durchgeführten Verbannung des Sile erhielt die Lagune zwar weniger Schlamm, da aber die Kraft des natürlichen Spülprocesses in gleichem Masse abgenommen hatte, so wurde damit nicht viel gewonnen. Die Regulirung der Sile wäre in dem ausgeführten Sinne der Lagune besonders dann dienlich gewesen, wenn die Verbesserung und Erhaltung des Canalhafens von Treporti, welcher die obere Lagune speist, gleichen Schritt gehalten hätte, dann würde der natürliche Spülprocess im Stande gewesen sein, trotzdem noch mehrere Flüsse ihre Sedimente dort deponiren, die Kraft der neuen Lagune ausgiebig zu unterstützen.

Der Verfall der oberen Lagune hielt, wie wir sehen werden, mit dem Verfalle des Canalhafens von Treporti gleichen Schritt. Die einfachste Situation des Lagunengebietes (siehe Tafel II.) macht schon ersichtlich, dass das Sumpfterrain von Nordost aus gegen Venedig zu an Ausdehnung

gewann und noch gewinnt. Ausserdem wird die Sumpfbildung noch durch das sinkende Land unterstützt, weil die Sedimentmassen der in dieses Lagunenbecken einmündenden Flüsse wahrscheinlich zu gering sind Gleichgewicht zu halten und den versumpften Bodencomplex in der grossen Ausdehnung aufzuschlicken und trocken zu legen.

Die Commission zur Erhaltung und Verbesserung der Lagunen von Venedig widmet der oberen Lagune, namentlich aber dem Businello, besondere Aufmerksamkeit. Dieser Sileentlader befördert durch sein schlammiges Wasser die Sumpfbildung in der Nähe von Venedig deshalb wesentlich, weil er nördlich von Burano in die Lagune ausfliesst. Man will den Businello wieder verschliessen und dafür in einer Unterfahrung des Silebettes das Wasser des Vallio und Meolo durch den Canal Lanzoni in die viel östlicher gelegenen Valle di Ca Zane und Palude maggiore ableiten.

2. Die mittlere Lagune, bestehend aus den Lagunentheilen von St. Erasmo, Lido und Malamocco, gelegen zwischen der Wasserscheide St. Giacomo di Palude, südwestlich von Mazorbo und jener zunächst von Valle dei Sette Morti nördlich des Ortes Pelestrina. Der nordöstlichste Theil dieser Lagune ist am meisten bewohnt. An das rege Leben der Bewohner knüpfen sich begreiflicherweise eine Menge Industriezweige, welche durch die Abfallstoffe zur Verschlämmung der Canäle sehr viel beitragen. Die mittlere Lagune ist von grösseren Zuflüssen vom Lande her ganz frei; ausser durch die Schifffahrtscanäle der Terraferma erhält sie von den natürlichen Wasserläufen keinen Zufluss. Die Brenta, der Marzenego, welche seinerzeit mit ihren Sedimenten der Stadt Venedig gefährlich waren, sind bekanntlich aus dieser Lagune entfernt. Während die Lagune von Malamocco durch den Gezeitenspülprocess am besten conservirt wird und sehr kräftig functionirt, ist die Lagune von St. Erasmo und Lido durch die Wirkungen des organischen Lebens, durch die Stoffe der Verwitterung fester Massen (die Abwitterung an den Materialien, aus welchen die zahlreichen Wohnsitze erbaut sind) und durch die Thätigkeit des Menschen, welche sich namentlich auf den verschiedenen Industriegebieten äussert, verunreiniget. Die Quantitäten fester Ablagerungsmaterialien, welche aus den Lebensbedürfnissen grosser Menschenmassen entspringen, sind nicht gering. Man erwäge nur, wie viel Staub und Sand von der dünnen Abwitterungsschichte an den Gesteins- und sonstigen Materialoberflächen dieses Häusermeeres durch den Regen abgewaschen und in die Laguneucanäle abgeführt werden. Wenn auch strenge Verordnungen bestehen, dass Mauerschutt und sonstige Materialien nur in hiezu bestimmten, der

Lagune unschädlichen Orten deponirt werden sollen, so ist die genaue Handhabung derselben schwer zu controliren. Zu dem Allen kommt noch die Thatsache, dass die Unrathsschläuche der alten Häuser der Stadt direct in die Fahrcanäle münden. Bei Neubauten und renovirten Gebäuden wird eine solche Anlage freilich nicht mehr gestattet. Es kann zwar eingewendet werden, dass der natürliche Gezeitenrückstrom den grössten Theil dieser Stoffe in das Meer mitnimmt. Dies ist wohl bei der wenig bewohnten Lagune von Malamocco der Fall, allein ihr Einfluss reicht nur bis zur Wasserscheide von St. Spirito. In der stark bevölkerten Lagune von St. Erasmo und Lido hingegen wird der Spülprocess aus dem Grunde von Jahr zu Jahr matter, weil zufolge der späteren Nachweise die Hafencanäle von Lido und St. Erasmo vernachlässigt sind und die Sandbänke, welche sich an der Mündung dieser Canäle meerseits aufbauen, erheben und ausdehnen (siehe Blatt IV. Fig. 1), den Gezeitenrückstrom immer träger machen, so zwar, dass eine Menge fester Stoffe in der Lagune zurückbleiben müssen, welche die Gezeiten bei belebterer Strandsee sonst ins offene Meer mitgenommen hätten. Aus dieser Darstellung erhellt, dass auch die flussfreie Lagune bis auf den Theil von Malamocco mit bedeutenden Sedimentablagerungen zu kämpfen hat; wenn auch nicht alle in den Flüssen den Ursprung haben, so ist der schädliche Einfluss, den sie auf die Lagune ausüben, doch nicht zu verkennen. Nebst den Schifffahrtscanälen werden auch die dort mündenden, oft unscheinbaren continentalen, zur Regenzeit erwachenden Wasseradern die lagunaren Sedimentablagerungen gewiss entsprechend unterstützen. Die Wahrheit dieser Thatsachen wird durch die vielen Baggerungen, welche zur Erhaltung der Fahrwassertiefe der Canäle nothwendig werden, am besten bestätiget. Die fetten Bestandtheile der obersten Schlammschichten werden an der Terraferma als Dünger verwendet; die tiefer gelegenen Schichten des Schlammmateriales hingegen an hiezu geeigneten Stellen der Lagune deponirt oder auf das offene Meer geschifft und dort versenkt.*)

3. Die untere Lagune, zwischen der Wasserscheide nächst der Valle dei Sette Morti nördlich des Ortes Pelestrina einer-

*) In früherer Zeit verwendete man jenes Material, welches bei der Canalbaggerung gewonnen wurde, zur Verstärkung bereits bestandener Inseln oder deponirte dasselbe an hiezu geeigneten Stellen innerhalb der Lagunen und es entstanden daraus mehrere neue Inseln. Wir erinnern weiters an die Contrada Vittorio Emanuele, dann Contrada nuova dei Giardini, welche in neuerer Zeit durch Trockenlegung der dort bestandenen Canäle hergestellt wurden.

seits, und dem Conterminationsdamme und der Schleusse von Brondolo andererseits.

Viel rascher als die obere und mittlere geht die untere Lagune und die darin situirte Stadt Chioggia dem Schicksale der Versumpfung entgegen.

Die schlammreiche Brenta, welche, wie gesagt, um das Jahr 1610 ganz aus dem Lagunengebiet verbannt und im Jahre 1840 wieder in die Lagune von Chioggia zurückverlegt wurde, wird die letztere, wenn nicht Abhilfe geschaffen werden sollte, bis zum Anfang des künftigen Jahrhundertes total vernichtet haben.

Die grosse Verlandungscapacität dieses Flusses äussert sich namentlich in der raschen Ausbildung des Delta und in dem Vorrücken seiner Küste. Nach den Aufnahmen des österreichischen Obermarinecommandos aus dem Jahre 1860 war die äusserste Stelle der Deltaküste dieses Flusses (Spiaggia della Val d'Aseo) 5·1 Kilometer vom Fort St. Felice entfernt. Nach den Aufnahmen des Ingenieurs Müller aus dem Jahre 1870 beträgt dieselbe Entfernung rund 4·2 Kilometer. Das Vorrücken dieser Küste entspricht daher einem jährlichen Werthe von beiläufig $90^{met.}$ Es muss aber wieder erinnert werden, dass der Fluss bisher zumeist die seichteren Vertiefungen der todten Lagune auszufüllen hatte, gegenwärtig, wo der grösste Theil des Schlammmateriales in den tieferen Complexen der lebendigen Lagune zur Ruhe kommt (siehe Tafel III. Fig. 1 die angedeuteten Linienzüge E E E . . und G G G . .), dürfte sich das Delta und die damit verknüpfte Sumpfbildung etwas verlangsamen; sobald aber diese Vertiefungen ausgefüllt sind, dann wird das zukünftige Schwemmland plötzlich über den jetzigen Wasserspiegel emportauchen. Aus den Erwägungen der bestehenden Zustände dieser Lagune geht das Resultat hervor, dass, wenn bei der Brenta in der Sedimentführung kein Stillstand eintreten sollte, Chioggia in 38 Jahren verlandet und mit Sumpfboden umgeben sein werde. Das jetzt 5 Kilometer breite Brentadelta wird sich an die lagunaren Küsten von Litorale Pelestrina und Sottomarina angeschlossen haben, und der Brentafluss wird seine Wassermasse dann direct an das offene Meer abgeben. Die Consequenzen, welche aus diesen Ereignissen entspringen, wurden im 2. Capitel zur Genüge beleuchtet. An dieser Stelle kommt nur noch zu bemerken, dass, wenn die Brentamündung einmal im jetzigen Hafen von Chioggia, das ist am offenen Meere, liegen wird, so werden die schädlichen Einflüsse der Sümpfe des Hinterlandes der verlandeten Lagune, wenn dagegen nichts geschieht, noch lange nachwirken. Die Hauptsedimentmasse des Flusses, welche zur weiteren Erhöhung und Aufschlickung des Sumpf-

bodens dienlich sein könnte, wird in dem Falle an das Meer abgegeben und ist für das versumpfte Hinterland verloren. Zudem wird die Sumpfbildung durch das Zusammenbacken des neuen Schwemmlandes und durch den ohnehin sinkenden Boden nur unterstützt, dabei wird die Volumensverminderung der Sedimentschichten durch neue ausgiebige Materialaufträge nicht ausgeglichen, und die Trockenlegung des Sumpfbodens nicht entsprechend gefördert.

Schliesslich sei noch des trockenen, an Brondolo grenzenden Bodencomplexes gedacht, welcher zwischen dem Bacchiglione (Pontelungocanal), der Etsch und Stadt Padua gelegen ist.

Die alten Geschichtsschreiber berichten, dass die Lagune seinerzeit bis zum Fusse der Monte Euganei gereicht haben soll. Der jetzt blühende Landstrich zwischen dem Hafen Fossone, der Etsch, der Schleusse von Brondolo und dem angrenzenden Conterminationsdamme (siehe Tafel III, Fig. 1) war vor nicht langer Zeit noch Lagunenboden, welcher sich an die jetzige Lagune von Chioggia anschloss. Die Brenta, der Bacchiglione, der Novissimo, welche aus der Lagune von Venedig dorthin verbannt wurden, haben im Vereine mit der Etsch diesen Bodencomplex im Laufe der Zeit trocken gelegt.

Die Resumirung der vorliegenden Entwickelungen ergibt für die Landseite der Lagune ein interessantes Gesammtbild, in welchem sich alle Stadien des Lagunen-Versumpfungs- und Verlandungsprocesses vertreten vorfinden. Der trockene Boden zwischen der Etsch und dem Bacchiglione gibt das Bild einer vollends verlandeten Lagune. In der todten Lagune sehen wir als Uebergangsglied das Bild des Zerfalles und der Zersetzung, des frischen — durch das Leben der Meeresbewegungen vor Sumpfbildung geschützten — Strandsees. Die Situirung der lagunaren Zuflüsse ist gegenwärtig derart, dass sie am nordöstlichsten und südwestlichsten Theile dieses Gebietes die Lagune schädigen und vernichten. Der continentale Küstensaum der mittleren Lagune wurde durch die Ablenkung der Flüsse von der Sedimentzufuhr am Lande ganz befreit. In der oberen Lagune liegen die Sumpfbildungen mit einem bedeutenten Hinterlande bereits vor den Thoren von Venedig. (Siehe Situation-Tafel II.) Die Lagunentheile von Lido und St. Erasmo, welche der Stadt zunächst liegen, functioniren wegen des in den zugehörigen vernachlässigten Hafencanälen erschwerten natürlichen Spülprocesses — ebenfalls nicht gut. Mit der Versumpfung derselben fällt der erste bedeutende Schlag gegen die Existenz von Venedig, jedoch nicht von der Landseite, sondern, wie wir sehen werden, von der Meerseite aus. Die gegenwärtige Sachlage ergibt, dass die

untere Lagune durch die Brentaanschwemmungen zuerst vernichtet wird und damit wird die Existenz Chioggias, aber nicht jene von Venedig, in Frage gestellt. Sobald die Brentamündung im Hafen von Chioggia liegt, erhält der nördliche Theil der unteren Lagune von diesem Hafen aus kein Spülwasser mehr und die Lagune von Malamocco wird sich auf Rechnung der unteren Lagune aus dem Grunde vergrössern, weil der, durch den Canalhafen von Malamocco einzig mögliche kräftige Spülprocess der Gezeiten die zwischen beiden Lagunen in der Nähe von Valle dei Sette Morti bestehende Wasserscheide nach Südwesten drängen wird. Die am offenen Meere liegende Brentamündung schadet, weil sie windabseits liegt, den noch übrig bleibenden Lagunen nicht mehr. Der Marzenego, der Dese, Zero, der Businello werden die Arbeit der gänzlichen Versumpfung der oberen Lagune, was bald nachgewiesen wird, nur mit Beihilfe des Meeres zu leisten im Stande sein, und der untere Theil der mittleren Lagune stirbt erst mit der Versandung des Canalhafens von Malamocco.

Hätten die alten Venetianer auf die Verbannung der schlammreichen Flüsse aus der Lagune nicht so consequent und rücksichtslos hingearbeitet, so wäre unter dem Beibehalte der alten Flusstracen das früher begrenzte Gesammtlagunenbecken, wenn schon nicht trocken gelegt, so doch zu mindest versumpft. Unter Beachtung des Standpunktes, dass die Lagunenstadt in dem Handel zwischen dem Orient und dem Occident seinerzeit eine hervorragende Rolle spielte, lässt sich die rücksichtslose Durchführung der Flussregulirungsexperimente an der Terraferma gewiss rechtfertigen. Nehmen wir an, dass die mittlere Tiefe des ganzen Lagunencomplexes (todte und lebendige, also die versumpften, seichten und tieferen Partien der Lagune) mit dem angegebenen Flächeninhalte von 550,000.000 $\square^{met.}$ zu Anfang des 14. Jahrhundertes, als sich in Venedig die ersten Gedanken für die wirkliche Verbannung der Flüsse zu regen begannen, $2^{met.}$ betragen hätte, so wäre mit Rücksicht auf die damals bestandenen lagunaren Landzuflüsse (Bacchiglione, Brenta, Novissimo, Dese, Zero, Sile — vorausgesetzt dass kein bedeutender Stillstand in der Materialbewegung — was nicht anzunehmen ist — eingetreten sein würde) der Lagune (mit Beibehalt der früheren Angaben) ein jährliches, auf Trockenrückstand reducirtes, Sedimentquantum von 2,606.731 Cubikmeter zugekommen.

Das Lagunenbecken wäre sonach von Anfang des 14. Jahrhundertes an gerechnet in

$$\frac{550 \times 2}{2{\cdot}6} = 423 \text{ Jahren}$$

ausgefüllt oder zumindest in solches Sumpfland verwandelt worden, dass ein Bewohnen der dortigen Städte, in der Weise, wie es heute geschieht, gar nicht denkbar gewesen sein würde. Und wenn die für den Anfang des 14. Jahrhundertes angenommene mittlere Tiefe des gesammten Lagunenbeckens noch grösser als mit 2$^{met.}$ in Rechnung gebracht wird, so ergibt die approximative Rechnung ebenfalls, dass die Lagune gegenwärtig dem Zustande der Versumpfung verfallen sein müsste und nicht geeignet wäre, grösseren Menschenmassen als Wohnplatz zu dienen. Berücksichtiget man schliesslich die Rückwirkung der im Stadium der Versumpfung begriffenen oder schon versumpften Lagune auf die menschlichen Niederlassungen, so sind auch in dieser Hinsicht Wohnorte zu verzeichnen, welche sich in verschiedenen Phasen des Verfalles befinden. Torcello bietet uns das Bild des vollendeten, Chioggia das Bild des beginnenden Verfalles von Lagunenstädten; und jene Wohnorte, welche in der Reihe solcher Rückbildungsprocesse als Mittelglieder dienen könnten, wo so zu sagen neben der Fülle der Lebenskraft sich die ersten Vorboten des Alters zu zeigen beginnen, wird ein geübtes Auge in der Lagune sofort aufzufinden vermögen. Die gestaltenreiche Küste zwischen der Piave und dem Hafen Fossone bietet hiefür die mannigfaltigsten Bilder.

c. Meerseite der Lagune. Versandung der Canalhäfen (Laguneneinfahrten).

Durch die Ablenkung der lagunaren Flüsse haben die alten Venetianer die landseitigen Verlandungsgefahren von der Lagune mit aller Energie ferne zu halten gesucht. Diesem Ringen der Menschen mit den Naturkräften verdankt, wie gesagt, Venedig den heutigen Bestand. Trotzdem die auf Bildung des Schwemmlandes gerichteten Kraftäusserungen der Elemente durch Flussregulirungen abgeschwächt wurden, hat die Natur andere Mittel und Wege gefunden, dem Ziele der Vernichtung der frischen Lagune nachzustreben.

Bevor indessen die Frage der meerseitigen Materialbewegungen weiter verfolgt wird, dürfte es wichtig sein, sich die einflussnehmendsten Factoren der meterologischen Verhältnisse der Lagunenstadt ins Gedächtniss zurückzurufen.

1. Die resultirenden vorherrschenden Windrichtungen von Venedig befinden sich sämmtlich auf der östlichen Hemisphäre (siehe Tabelle im Text bei den meterologischen Verhältnissen über Venedig und Fig. 2 Tafel IV.); sie schwanken zwischen Nord und Süd hin und her. Im Jänner befindet sich die resultirende Windrichtung 12° 31′ 16″ östlich des Meridianes von Venedig. Ueber Osten gehend erreicht sie im Monate

Juli die Maximalabweichung vom selben Meridian in Süden mit 122° 56′ 24″. Vom Juli an bewegt sich dieselbe wieder zurück zum Ausgangspunkte und erreicht denselben im December mit der Abweichung von 15° 19′ 4″. Der Schwankungsraum der Resultirenden der in der Adria vorherrschenden Winde liegt daher auf der östlichen Hemisphäre zwischen den Werthen von 12° 31′ 16″ und von 122° 56′ 24″.

2. Aus den meteorologischen Beobachtungen von Venedig geht weiters hervor, dass in den Monaten September, October, November, December, Jänner, Februar, März die Nordwinde, in den Monaten April, Mai, Juni, Juli, August hingegen die Südwinde vorherrschen, und dabei überwiegen, wie aus der Tabelle II. über das absolute Eintreffen der Windströmungen hervorgeht, die Nordwinde gegen die Südwinde.

3. Bringt man die Regenverhältnisse der Stadt Venedig und jene des venetianischen Festlandes mit den vorliegenden resultirenden, vorherrschenden Windströmungen in Beziehung (siehe Tabelle IV.) so folgt daraus, dass die Herbstregen die stärksten sind. Diesen folgen jene des Frühjahres, dann jene des Sommers, und endlich die des Winters. Auf dem Festlande (siehe Einleitung B. hyetographische Verhältnisse des norditalienischen hydrographischen Beckens) ergibt der Juli, dann der Juni die grössten, December, Jänner die kleinsten Gewitteranzahlen; ausserdem liegen in der Provinz Venetien (mit Hinblick auf die meteorol. Beobachtungsstationen Triest, Udine, Venedig, Mailand) die resultirenden Windrichtungen für die feuchtesten Sommermonate zwischen Ost und Süd (äquatoreale Winde), für die feuchtesten Herbstmonate zwischen Nord und Ost (Nordwinde).

4. Aus den früheren Andeutungen geht hervor, dass in der Adria sich die Nordwinde mit den äquatorealen um die Herrschaft im Golfe von Venedig streiten. Von den Nordwinden ist der Nordost (Bora) der heftigste; er bringt, wie bereits gesagt, im Herbst und im Winter, während der Dauer von 3 bis 11 Tagen, heftige Stürme und eine sehr bewegte See mit sich. Von den Südwinden ist der Scirocco (SW.) der heftigste; er ist sandtragend, von Sciroccalstürmen begleitet, bläst sehr andauernd und bringt in den venetianischen Golf manchmal so viel Wasser, dass der Markusplatz in Venedig wegen hoher Fluth mit einer hohen Wasserschichte bedeckt ist. Dieselben Sciroccalwinde, welche die Adria erregen, bringen, wie aus dem eben Angeführten hervorgeht, auch dem Festlande Regen. Die trüben Wassermassen der entfesselten Bergströme treffen daher an der Meeresküste noch alle Eindrücke

an, welche die regenerzeugenden Winde auf dem Meere zurückgelassen haben. Die Herbstregen stehen mit den Nordwinden in derselben Beziehung.

5. Nach Alexander de Gras wehen in der Adria die Nord- und Südostwinde am häufigsten (siehe Fig. 2, Tafel IV). Von den ersteren herrschen der NE., ENE., von den letzteren der SE. und S. vor. Die westlichen Winde (SW., W., NW.) wehen nicht so häufig und auch nicht so intensiv, als jene der östlichen Hemisphäre (NE., E., SE.). Man kann annehmen, dass die Dauer der westlichen Winde sich zu jener der östlichen wie 1 : 3 verhält. Die Bora und der Scirocco erregen, wie gesagt, das Meer am gewaltigsten. Marieni bemerkt weiters, dass der Scirocco in der Längenrichtung der Adria blase und dass die bewegte See sich continuirlich verstärke und dabei furchtbar werde.

Auf die weiteren Betrachtungen sehr anregend wirkt folgende Bemerkung des Professors Suess ein*): „So wie man gelernt hat, die „Sonne in eine Anzahl concentrischer Hüllen zu zerlegen, kann man „wohl auch die Erde in Hüllen theilen, deren jede allerdings in viel-„facher Verbindung mit der nächstfolgenden steht.“

„Die erste ist die Atmosphäre, die zweite die Hydrosphäre, und „die dritte die Lithosphäre.“

„Die Hydrosphäre gibt die Dünste an die Atmosphäre ab, diese „verdichten sich und kehren zurück. Die porösen Theile der Lithosphäre „nehmen Wasser auf, lassen es circuliren und als Quellen wieder auf-„steigen. Viel Wasser wird chemisch gebunden.“

Die meisten Erscheinungen auf dem Felde der vorliegenden Betrachtungen lassen sich auf die Wechselwirkung der thätigen Kräfte jener Hüllen zurückführen. Geht man daher den Kräften nach, welche das Meer erregen, so erscheint die Darstellung viel übersichtlicher, wenn die krafterzeugenden Medien der Materie entkleidet und die in dem landbildenden Processe massgebenden Thätigkeiten in Kraftcurven aufgelöst werden. Die Fig. 1, Tafel I., wird dazu helfen, die darauf Bezug nehmenden Erklärungen durchsichtiger zu machen. Die hydraulischen oder nautischen Oberwinde eines Meeres zu kennen ist von grösster Wichtigkeit.**) In der Adria fallen dieselben ausschliesslich auf die

*) E. Suess. Die Entstehung der Alpen.

**) Unter nautischem oder hydraulischem Oberwind wird jener Wind verstanden, welcher unter den vorherschenden Winden eines Meeres im Jahre am kräftigsten und meisten in den Vordergrund tritt, und vermöge des andauernden Wellenganges sowohl auf die Bauten am Meere, als auch auf die Schifffahrt den grössten Einfluss nimmt. Mit Beachtung der Richtung

östliche Hemisphäre (siehe Tafel IV, Fig. 2). Der Intensität nach paralysiren sie nicht nur die Thätigkeit der entsprechenden Gegenwinde, sondern sie verrichten auch bezüglich der Materialbewegung auf dem Meeresgrunde gegen die anderen immer einen Ueberschuss an Arbeit. Die Herrschaft auf der östlichen Hemisphäre führen in der Adria von den Nordwinden der NE., und von den Südostwinden der SE. Für dieses Meer sind diese Winde als die eigentlichen nautischen oder hydraulischen Oberwinde aufzufassen, welche bei der Anlage von Häfen, sowie für die Schifffahrt sehr wichtig sind und vermöge der Wellenströmungen auf den Meeresgrund den bedeutendsten Einfluss nehmen.

Die meisten der Nordostwinde schleudern die erregten Meereswellen an die Westküste der Adria; die istrianische und dalmatinische Küste bleiben davon unberührt. Hingegen läuft die Richtung der durch jene Winde erregten Wellen zur Adria-Nordküste fast parallel. Der Küstenstrich von Triest über Grado, Venedig, die Pomündungen, Ravenna, Rimini, Pesaro, Ancona u. s. w. wäre demnach für den vorliegenden Zweck besonders ins Auge zu fassen. Der Nordostwind (NE.) bläst fast parallel zur Nordküste der Adria. Die Küste zwischen Chioggia und Po Levante wird von demselben unter einem spitzen, der nördliche Theil des Podelta unter einem rechten Winkel getroffen. Der NE. trifft weiters den südlichen Theil der Poanschwemmungen wieder parallel, und die Westküste, zwischen Ravenna, Ancona und noch weiter südlich, fast normal. Wenn die Fortpflanzungsrichtung der Wellen und die daraus erwachenden Wellenströmungen auch nicht genau mit dem NO. zusammenfallen, so wird die Richtung des Wellenganges in grossen Umrissen doch der Hauptrichtung des thätigen Windes folgen müssen; die Abweichung kann unmöglich derart sein, dass sie aus der Sphäre der Haupterregungsrichtung hinausfallen könnte.

Dort, wo das Festland der Bewegung des Wellenganges oder jener der Wellenströmungen hindernd in den Weg tritt, wird das Wasser anprallen müssen. Die erwachende Stosskraft R zerlegt sich in dem Falle in zwei Componenten, wovon GW normal und GE parallel zur Küste wirkend gedacht werden kann (siehe Fig. 1, Punkt G, Tafel I).

---

des Wellenganges und der Wellenströmungen konnte sowie früher „windseits," „windabseits," auch die Lage des strömenden Meerwassers in Bezug auf ein Object am Strande, wie bei den Landflüssen, mit „stromaufwärts" und „stromabwärts" bezeichnet werden.

Selbstverständlich ist für die Weiterbewegung des strömenden Wassers nur die zur Küste parallele Kraftcomponente GE ins Auge zu fassen, da die Kraft der Normalcomponente durch den Widerstand des Festlandes verzehrt wird. Die Grösse der zur Küste parallelen Kraftcomponente nimmt zu mit dem Cosinus des Neigungswinkels, welchen die Richtung des Oberwindes R, resp. die Stossrichtung der Wellen oder die daraus erwachende, für Wellenströmungen massgebende Componente GE mit der Küstenrichtung einschliesst, (siehe Fig. 1, Tafel I., Punkt G). Von der Isonzomündung bis zum Hafen Fossone wird die dem nördlichen Oberwinde NE entsprechende Wellenströmung mit der Küstenrichtung fast parallel laufen, an den meisten Küstenstellen wird die entsprechende Normalcomponente deshalb ein Minimum und fast die ganze Kraft des erzeugten Wellenstromes wird bei der Materialbewegung am Meeresgrunde zur Geltung gelangen. Erst unterhalb Chioggia erfährt der Wellenstrom eine Ablenkung nach Süden. Bis zur äussersten Spitze des Podeltas wird ein Theil des Wasserstosses durch die zum Festlande normale Componente verbraucht, während die zur dortigen Küste parallele Kraftcomponente für die Weiterbewegung der Wassermoleküle des Wellenstromes verwendet wird.

Von Ravenna an gegen Süden trifft der Wellengang der Nordostwinde die Westküste der Adria fast normal, so zwar, dass an der dortigen Küste die nach der Seite des geringsten Widerstandes gerichtete, für die Bewegung des Wassers massgebende Kraftcomponente fast ein Minimum wird.

Denkt man sich für jeden Punkt der Küste die auf die Bewegung der Wassermoleküle einflussnehmende, zur Küste parallele Kraftcomponente GE construirt, so sind sie alle nach der Seite des geringsten Widerstandes hin gerichtet, d. i. windabseits und nicht nach der Seite des stumpfen, sondern nach jener des spitzen, zwischen der resultirenden Windrichtung GR und dem Küstenelemente liegenden Winkels α. (Die Zerlegung der Kraft wurde der Uebersichtlichkeit halber nicht in dem Küstenelemente, sondern daneben angedeutet. Siehe Fig. 1, Tafel I.) Die Verbindung aller dieser Componenten gibt schliesslich die durch das Festland dictirte Bewegungsrichtung, sowie die Bewegungsgrösse der Küstenwellenströmung N N N N an der Nordküste, welche im Plane Fig. 1, Tafel I, mit der Pfeilrichtung des Windes bezeichnet ist. Der Werth derselben wird am grössten dort sein, wo sie zur Küste parallel läuft und von der Stosskraft der Wellen durch den Anprall an die Küste nicht viel verbraucht wird.

Die im Norden der Adria vom NE erregte Küstenwellenströmung fällt mit der Bewegungsrichtung der Litoralströmung zusammen (siehe Fig. 1, Tafel I, wo die Küstenwellenströmung mit NNN und die Litoralströmung mit L L L ... bezeichnet ist) und sie kann, weil sie mit der Küste parallel läuft, abzügig der Bewegungswiderstände und sonstiger Hindernisse, die volle Kraft entwickeln und schwächt sich erst an der Ablenkungsstelle unterhalb Chioggia gegen den Po hin etwas ab. An der Westküste der Adria, welche der Wellengang des NE fast normal trifft, werden die Wellenströmungen dieses Windes, nach den früheren Darlegungen, ein Minimum.

Die Südostwinde (SE) blasen (siehe Fig. 1, Tafel I, und Fig. 2, Tafel IV.) in der Axenrichtung des adriatischen Meeres, demnach fast parallel zur Ost-, sowie zur Westküste und treffen den südlich gelegenen Theil der Podeltaküste, dann die Nordküste des Meeres, fast normal. Denkt man sich die Stosskraft der aus dem Wellengang des SE erwachenden Wellenströmungen nach dem Anprallen an das Küstenfestland, wie vorher angedeutet, wieder in Componenten zerlegt, so wird jene Componente der resultirenden Stosskraft, welche mit der letzteren den windabseits gelegenen Winkel einschliesst, für die Bewegungsrichtung des Wellenwasserstromes massgebend sein müssen (siehe Fig. 1, Tafel I., Pkt. G). Auch in dem Falle wird die Grösse der besagten Kraftcomponente mit dem Cosinus des Neigungswinkels, welchen die resultirende Kraftrichtung mit dem Küstenelemente einschliesst, zunehmen. Denkt man sich an der Adriawestküste mit den zu derselben parallelen, für die Wellenströmung massgebenden Kraftcomponenten EG dieselbe Operation wie früher ausgeführt, so geht aus der Verbindung der letzteren ebenfalls die Bewegungsrichtung des erörterten Wellenstromes hervor, welche in dem Plane Fig. 1, Tafel I, mit SSSS und mit der entsprechenden Pfeilrichtung bezeichnet ist. Da aber die Wellen des SW, wie es das Bild Fig. 1, Tafel I, ergibt, grösstentheils parallel zur Westküste der Adria laufen, so wird die Kraft dieser Strömung für die Materialbewegung, weil sie sich beim Anprall an das Festland nicht stark abnützt, bis gegen Ravenna hin sehr nachhaltig. Der südliche Theil der Podeltaküste wird sowohl vom SE Winde, als auch vom bewegten Wasser der Wellen normal getroffen. Die Küste zwischen dem Po Levante und der Etsch wird von diesem Winde weniger beeinflusst, weil das davor stehende, weit ins Meer ragende Podelta diese Meerbucht etwas deckt (siehe Tafel III, Fig. 2). Hingegen muss die Nordküste der Adria von den Wellenströmen desselben Windes fast normal getroffen werden (siehe Fig. 1, Tafel I.)

Ueber den Einfluss, welchen die Wellenströmungen auf die Landbildung an den nördlichen und westlichen Adriaküsten ausüben, erhält man nach Zusammenfassung des bereits Gesagten ungefähr folgendes Bild:

1. Die an der Adrianordküste von NE erregten Küsten-Wellenströmungen NNN (siehe Fig. 1, Tafel I.), behalten, abzügig der gewöhnlichen Widerstände, aus dem Grunde eine bedeutende Kraft, weil sie fast parallel zur Nordküste, gegen das Meer gewendet von links nach rechts, laufen. Sie bilden bei den dortigen Materialbewegungsarbeiten daher das Hauptvehikel. Die Küstenwellenströmungen, welche die SE Winde erzeugen, laufen, wie bereits nachgewiesen, von Süd gegen Nord oder, gegen das Meer gewendet, von rechts nach links. In dem gleichen Sinne werden an dieser Küste auch die Materialien des Meeresgrundes bewegt. Auch diese Wellenströmung gelangt, mit Hinblick auf die Windrichtung und die dabei massgebenden Kraft-Componenten, die gewöhnlichen Widerstände abgerechnet, zur vollen Entfaltung und ist gegen die Litoralströmung gerichtet.

2. Der durch die Nordostwinde an die Westküste der Adria geworfene Wellengang vermag mit der daraus entstehenden Küstenwellenströmung bezüglich des Materialtransportes längs der Küste dort nicht viel auszurichten, weil sie das Festland fast normal oder unter einem solchen Winkel treffen, dass der Werth der massgebenden Kraft-Componenten den Wirkungen der durch die Wellenströmungen der Südwestwinde verrichteten Arbeiten weit nachsteht (siehe Fig. 1, Tafel I.)

3. Die Wellenströmungen der herrschenden Oberwinde der Adria (NE und SE) bewegen sich entgegengesetzt; jene der Nordostwinde läuft an der Nordküste von links nach rechts, jene der Südostwinde an der Westküste von Süd gegen Nord oder von rechts nach links (siehe Fig. 1, Tafel I. Wellenströmung des NE durch den Linienzug NNN und jene des SE durch SSS angedeutet) Die Spuren der gegen einander fliessenden Wellenströmungen NNN und SSS müssen sich in der Nähe der Pomündungen verlieren (siehe Fig. 1, Tafel I.) und die Beziehungen der Atmosphäre zu der Hydrosphäre sind derartige, dass die fluviale wie die marine Sedimentzufuhr am Meeresgrunde, im Golfe von Venedig, durch die Wellenströmungen besonders gefördert wird.

4. Während die Grundwellenströmungen der SE Winde, welche die Nordküste der Adria normal treffen, dafür sorgen, dass die Materialien aus der Meerestiefe gegen den Strand geschafft werden, übernehmen die Wellenströmungen NNN der NE Winde den Materialtransport in der

früher angedeuteten Weise der Küste entlang. Das Umgekehrte findet an der Westküste der Adria statt. Dort treffen die Grundwellen- und Küstenwellenströmungen der NE Winde (siehe Fig. 1, Tafel I) die Küste fast normal, sie fördern die Materialien aus der Meerestiefe gegen die Küste zu und die nachfolgenden Küstenwellenströmungen SSS der Südostwinde übernehmen sodann den Materialientransport längs der Küste nach Norden zu.

Auf Grund der erläuterten Theorien über die Meeresbewegungen, speciell jener über die Wellenströmungen, dann der Bemerkungen über den Materialtransport längs den Küsten*), sowie der eben erst erörterten vier Punkte, lässt sich bezüglich der Materialbewegung an den Küsten der Adria und an jenen anderer Meere allgemein behaupten: *Wenn die hydraulischen oder nautischen Oberwinde eines Meeres eine Küstenwellenströmung erzeugen, welche in demselben Meere die anderen von gleicher Qualität an Kraft und Dauer übertrifft und wenn sie geeignet ist längs der Küste am Meeresgrunde Materialien zu bewegen, so fällt der Grundwellen- und Küstenwellenströmung des zu den ersteren normalen und auf derselben Hemisphäre thätigen Windes die Aufgabe zu, die Materialien aus den Meerestiefen nach derselben Küste zu schaffen.* Für die Materialbewegung am Meeresgrunde sind demnach an solchen Küsten, wo sich Land ansetzt, stets ein Paar normal zu einander gerichteter Wellenströmungen (sie können zu verschiedenen Zeiten thätig sein) nöthig. Während die eine längs der Küste thätig ist, sorgt die andere, darauf normale, für neue Materialzufuhr aus den Meerestiefen. Würde die thätige Küstenwellenströmung in der Materialzufuhr durch die normal zu derselben thätige Grundwellenströmung nicht unterstützt werden, so müsste, wenn die Landflüsse nicht genügend Sediment liefern könnten, die Küste des Festlandes statt angelandet, zernagt werden. Das eben durch Zusammenfassung aller Argumente erhaltene Gesetz erfüllt auch jene Bedingungen, welche die wahren Ursachen der Landanhäufungen flussfreier Küsten erklären. *Ganz besonders muss der Umstand hervorgehoben werden, dass die nautischen oder hydraulischen Oberwinde bei den Anlandungsarbeiten stets die Oberhand behalten.*

*) Siehe vorhergehendes Capitel über die Meeresbewegungen: 3. Untersuchungen über die Materialbewegung an den Meeresküsten mit Zugrundelegung der Wellenbewegung.

Wenn auch die Wellenströmungen schwächerer Winde, wie z. B. jene der Gegenwinde (siehe Tafel IV, Fig. 2), die durch die Oberwinde erzeugten Materialablagerungen zum Theil zerstören und diesen Materialien einen anderen Curs geben, so werden, nachdem die Wellenströmungen der Oberwinde wieder ihren Einfluss erlangen, nicht nur die Zerstörungen der Gegenwinde gutgemacht, sondern es wird vermöge ihrer Kraft und Dauer in der Material-Ablagerung noch ein Ueberschuss an Arbeit verrichtet. Für die Wellenströmungen der Westwinde und jene der untergeordneten Ostwinde gilt bezüglich der Materialbewegung das gleiche Gesetz, und da sie die Arbeitscapacität der hydraulischen oder nautischen Oberwinde nie zu erreichen im Stande sind, so wurde, um die gegebenen Darstellungen übersichtlicher zu machen, ihrer weiter nicht erwähnt. Für jedes Paar zu einander normal thätiger Winde kann man sich die Wellenströmungen in derselben Weise, wie gezeigt wurde, construirt denken. Aber nicht die Wellenströmungen der Winde und die Sedimente der Flüsse allein fördern die Anlandungen der Nord- und Westküste der Adria, sondern letztere werden auch durch das Zusammentreffen anderer Umstände begünstiget. „Nach zwei Richtungen nämlich," sagt Peschel, „haben die Erdvesten seit „der terziären Zeit an Raum gewonnen: sie suchen sich nach dem „Norden und dem Westen der Erde auszudehnen, während „im Süden und Osten des jetzigen trockenen Landes lauter verlorene „Erdtheile liegen. Ferner ergab sich mit einer einzigen Ausnahme, „dass die verlornen Gebiete alle östlich von den jetzigen grossen Welt„theilen liegen, und die neu erworbenen Gebiete alle westlich, so dass „das Trockene nach Westen zu flieht, weshalb auf ihrer Ostseite die „alten Festlande immer abgelöste Stücke hinter sich zurücklassen, „während ihre westlichen Uferlinien fast gänzlich frei sind von Inseln, „abgesehen immer von den vulkanischen Bauwerken, die örtlich „wirkenden Kräften ihren Ursprung danken." Zudem wurde bereits früher erwähnt, dass steilabfallende Küsten den vom Meere bewegten Materialien keine Zuflucht gestatten, hingegen sind es flache Küsten, Buchten, Golfe, wohin dieselben vom bewegten Meere dirigirt werden. An der Nord- und Westküste der Adria treffen diese Umstände alle zu. Wird den Profilen der Adria; zwischen dem Leuchtthurm von Ancona und Capotesto an der Ostküste (siehe Fig. 1, Tafel IV. Schnitt A A' und Fig. 6, Tafel I.) zwischen dem Leuchtthurm von Rimini und dem Monte d'Oro auf der Insel Lunga oder Grossa (siehe

Fig. 1, Tafel IV und Schnitt B B' und Fig. 5, Tafel I) zwischen der Mündung Bussa nuova di Tolle des Po und dem Leuchtthurme am Cap Compare bei Pola (siehe Fig. 1, Tafel IV., Schnitt CC und Fig. 4, Tafel I), zwischen dem Fort St. Nicolo am Lido bei Venedig und dem Leuchtthurm von Umago in Istrien (siehe Fig. 1, Tafel IV, Schnitt A A', Fig. 3, Tafel I) die gehörige Aufmerksamkeit zugewendet, so ergibt sich, dass in der Nähe der istrianischen und dalmatinischen Küste die grössten Meerestiefen liegen, während sich der Meeresgrund nach der Westküste hin verflacht. Das Längenprofil der Adria (siehe die vorher citirten Querprofile dieses Meeres) zeigt ebenfalls, dass die Meerestiefen von Süd gegen Nord abnehmen.*) Die bei der Sondirung des Meeresgrundes der Adria erhaltenen Materialproben ergeben bei Tiefen von 81 bis 123$^{\text{met.}}$ Sand mit Muscheln; bei Tiefen von 190 bis 212$^{\text{met.}}$ hingegen Schlamm (siehe Tafel I, Fig. 5). In Tiefen von 70$^{\text{met.}}$ ergab sich die Mischung von Sand, Schlamm und Muscheln abwechselnd mit Sand und Schlamm (siehe Tafel I. Fig. 4). Das Profil Fig. 3, Tafel I, ergibt bei Tiefen von 42$^{\text{met.}}$ Sand, Schlamm oder Sand, Schlamm mit Muscheln, und das Profil Fig. 2, Tafel I, weist in der grössten Tiefe Muscheln mit Sand und bei einer Tiefe von 24^{met} Sand, Muscheln und Korallen auf. Diese Profile geben auch ein generelles Bild über die Lage jener Tiefen, welche den Grenzen der Anlandungszone in der Adria entsprechen. Der beiläufig 18 Kilom. breite Meeresstreifen der Nord- und Westküste der Adria zwischen Ravenna (44° 25' nördl. Breite) und Cà Finanza bei Caorle (13° östl. Länge) hat nur wenig Meerestiefen von 34$^{\text{met.}}$ und fast keine, welche dieses Maass übersteigt. In dem mittleren Theile dieses Streifens kommen nur Tiefen von 10 und 20$^{\text{met.}}$ vor, welche sich in der Nähe der Küste auf 1 bis 10$^{\text{met.}}$ reduciren. Bedeutender sind die Tiefen nördlich der Breite von Ravenna an der dalmatinischen Küste; sie schwanken zwischen 100 und 10$^{\text{met.}}$. Hingegen überschreiten die Tiefen des offenen Meeres den Werth von 44$^{\text{met.}}$ nicht und nehmen dabei gegen Norden zu sehr rasch ab. Die Umschau in dem südlich des Breitengrades von Ravenna gelegenen Meere ergibt an der Westküste, wie z. B. zwischen Ancona und Pesaro, ebenfalls einen sanft ansteigenden Meeresgrund und an der Küste schwanken die Meerestiefen ebenfalls zwischen 1 und 10$^{\text{met.}}$ In der Nähe der gegenüberliegenden dalmatinischen Küste speciell bei der Insel Incoronata vergrössern sich die Meerestiefen selbst auf 100 bis 120$^{\text{met.}}$

*) Generalkarte des adriatischen Meeres nach den Aufnahmen der k. k. österreichischen und k. italienischen Kriegsmarine unter Leitung des Fregattencapitäns T. Freih. v. Oesterreicher und Duca A. Imbert.

Dieses generelle Tiefenbild erschliesst, mit Hinblick auf die bereits gegebenen Auseinandersetzungen, die Thatsache, dass der Einfluss der Wellen auf dem Meeresgrunde ein sehr bedeutendes Feld behaupten müsse, zumal die Wellen der Adria bei entsprechender Meereserregung schon in der Tiefe von $40^{met.}$ (äussere Grenze der Anlandungszone) die Eigenschaft erlangen sollen, am Meeresgrunde Materialien fortzuschaffen; bei Tiefen von 11 bis $13^{met.}$ beginnen die Wellen sogar sich zu brechen. Nach Zusammenfassung aller vorangeschickten Argumente wird es erklärlich, dass die citirten Behauptungen Mantovani's über den, an der Adriawestküste gegen die Litoralströmung, also von Süd nach Nord, gerichteten Materialtransport vollständig begründet seien. Während die vorherrschenden Wellenströmungen der Nordküste die Materialien (gegen das Meer gewendet) von links nach rechts treiben, werden die Stoffe des Meeresgrundes von den Wellenströmungen der Westküste desselben Meeres von Süd nach Nord transportirt. Im Golfe von Venedig oder in der Nähe der Pomündungen, wo beide entgegengesetzt gerichteten Strömungen vermöge der geographischen Lage der Küsten sich abschwächen, wird die Materialablagerung am meisten gefördert, sie steht durch Erhöhung des Meeresgrundes nicht nur dem Anwachsen des Po-Schwemmlandes unterstützend zur Seite (siehe Biographie des Po), sondern sie erklärt auch die Erscheinung der sich gerade dort am Meeresgrunde aufbauenden Sandbänke, wie z. B. jene von Cortellazzo, welche zu den Lidi von Venedig parallel gelegen, in Bildung begriffen ist (siehe Tafel II).

Cialdi berichtet, dass Inspector Possenti gelegenheitlich einer Interclusion des Po Maestra sechs Muster des zwischen diesem Arm und dem Po Levante entnommenen Materiales untersuchen liess und constatirte, dass der Sand zumeist der Etsch angehörte, weshalb der Transport der Etschsedimente bis zu der ersten Pomündung seinerzeit der Litoralströmung zugeschrieben wurde. Der Vergleich von bereits hervorgehobenen dynamischen Eigenschaften der besprochenen beiden Strömungen lässt es als nicht wahrscheinlich erscheinen, dass die Litoralströmung im Stande wäre, so grosse Arbeiten zu verrichten. Die kräftigeren Wellenströmungen des heftig andauernden Nordostwindes, namentlich die an Intensität diesen zunächst kommenden Nordwinde, welche an der Küste zwischen der Etsch und dem Po Levante anprallen und sie, namentlich die letzteren, zu dem Zwecke ziemlich günstig treffen, werden den gegebenen Darstellungen gemäss auf den Materialtransport den grössten Einfluss nehmen müssen. Zudem treffen die Wellenströmungen der Südwestwinde gerade die Bucht dieser Küste

nicht günstig, weil sie durch das ins Meer vorspringende Podelta ziemlich gedeckt ist. (Siehe Tafel I, Fig. 1, und Tafel III, Fig 2). Die Küste des südlichen Theiles des Podelta treffen die Wellenströmungen der Südostwinde hingegen derart, dass dadurch, wie Lombardini und andere Autoren schon behaupteten, die Pomündungen gezwungen sind, sich nach Norden zu wenden. Die configurativen Eigenthümlichkeiten der Materialfiguren an den Mündungen des Po, das Drängen dieses Stromes gegen Norden, die von den Venetianern dagegen getroffenen Gegenmassregeln, tragen zur Bestätigung des Gesagten vielfach bei.

Das vorliegende generelle Bild über die Thätigkeit der Elementargewalten, die Erläuterung über die Materialbewegung und Materialablagerung in der Adria, werden den Zweck der vorliegenden Betrachtungen zur Genüge klarstellen. Durch den Einfluss der Verbindung der Atmosphäre mit der Hydrosphäre werden die Anlandungen in der nördlichen Adria, vornehmlich aber im Golfe von Venedig, wo die Bildung des sedimentären Bodens durch den gewaltigsten der Flüsse dieses Gebites — den Po, dann durch die Etsch, den Bacchiglione, den Sile, die Piave, Livenza u. s. w. kräftig unterstützt wird — besonders begünstigen. Die thätigen Kräfte des Luftkreises fördern in unserem Lagunengebiete die Bildung des sedimentären Bodens sowohl von der Land- als auch von der Meerseite, und es ist kaum anzuhoffen, dass in dieser Hinsicht so bald ein Umschlag eintreten dürfte. Dieser Blick in das Innere des Meeres war nothwendig, um den Betrachtungen über die locale Versandung der Laguneneinfahrten von Venedig mit Verständniss nachgehen zu können.

Seinerzeit hatte der lagunare Ebberückstrom noch genügende Kraft, die natürlichen Hafencanäle von Chioggia, Malamocco, Lido, St. Erasmo und Treporti auszuspülen, und durch Entfernung der Sedimente die Fahrwassertiefe aufrecht zu erhalten. Nach dem Verlassen der Lagune kreuzt der Ebberückstrom RRR (siehe Fig. 13, Tafel I) die von den Nordwinden erregten Küstenwellen, sowie die Litoralströmungen NNN resp. LLL fast normal. Sobald der Ebberückstrom die Stosskraft im offenen Meere verbraucht hat, müssen die aus der Lagune mitgebrachten Materien zu Boden sinken. Aus dem Kampfe der Wellenströmungen des Meeres mit dem lagunaren Ebberückstrom gehen schliesslich jene Sandbänke hervor, welche die natürlichen Hafencanäle zu verschliessen und die Lagune von dem sie belebenden Meere und seinen Gezeiten zu isoliren drohen. Wegen Mangels an Wassertiefe kann der Hafen von Lido, St. Erasmo und Treporti schon lange nicht mehr be-

fahren werden; die grösseren Schiffe können gegenwärtig nur durch die Laguneneinfahrt von Malamocco die Stadt Venedig erreichen, welche letztere durch Anlage eines künstlichen Hafencanales (mit nahezu parallelen Steindämmen) vertieft, und durch die kräftige Spülung vor dem gänzlichen Verfall gerettet wurde.

Die Laguneneinfahrt von Chioggia, welche die dortigen Sandbänke ebenfalls schon stark geschädiget haben, hat, abgesehen davon, dass sie durch die Brentaanlandungen schon in der nächsten Zeit vernichtet werden wird, wegen der grossen Entfernung, für die Erhaltung von Venedig wenig Bedeutung; zudem müssten die dort einfahrenden Schiffe, um nach Venedig zu gelangen, zwei lagunare Wasserscheiden passiren. Von besonderer Wichtigkeit für die Erhaltung der Stadt und der Lagune von Venedig ist die Erhaltung der Hafencanäle von Malamocco und Lido, eventuell auch jener von St. Erasmo und Treporti, weshalb es von Vortheil sein dürfte die Schilderung der Versandung, durch die geschichtliche Skizze derselben vorzubereiten.

Da die Häfen von St. Lido, St. Erasmo und Treporti von den Venetianern wegen ihrer Nähe schon von altersher mit besonderer Aufmerksamkeit behandelt wurden und darüber sehr viele Aufzeichnungen vorliegen, so beleuchtet die eingehende Kritisirung dieser drei Häfen auch die Vergangenheit sowie die Zukunft der anderen Canalhäfen, ohne dass man befürchten müsste, bereits Besprochenes zu wiederholen. Die Sedimente, welche durch die Wellenströmungen von den seinerzeit sehr nahe gelegen gewesenen windseitigen Flussmündungen der Piave und Livenza mitgebracht wurden, hatten den Häfen von Lido, St. Erasmo und Treporti in alter Zeit sehr viel geschadet. Ausserdem wurde diese Sedimentzufuhr noch durch jene Materialien unterstützt, welche die Wellenströmungen des SE (Scirocco) aus dem Meeresgrunde nach der Küste schafften, sowie auch durch die Sinkstoffe des lagunaren Ebberückstromes, da die locale Stauung der Wassermoleküle der Materialablagerung an der Mündung der Hafencanäle nur dienlich sein konnte. (Siehe Fig. 1, Tafel IV und Fig. 7, 8, 9, 10, 11, 12, Tafel I). Wenn auch, durch die bekannte Verlegung der Piave und der Livenza nach Cortellazzo und Caorle, die Sedimentzufuhr nach den genannten Häfen abgeschwächt wurde, so wäre trotzdem des Umstandes zu gedenken, dass die Verlegung des schlammreichen Sile in das alte Piavebett in die Nähe und windseits des Hafens von Treporti und Lido — den durch Ablenkung der grösseren Flüsse erlangten Vortheil doch einigermassen beeinträchtigte. Zudem ist die Möglichkeit keineswegs ausgeschlossen, dass die Wellenströmungen nicht im Stande wären, die Materialien auch aus grösseren

Entfernungen windabseits zu tragen, und dieselben dort abzulagern, wo sich ihnen gerade ein Hinderniss (wie hier der lagunare Ebberückstrom) darböte. Die zur Regel gewordene Annahme des Zendrini und Manfredi, es gehöre zu den wichtigsten Bedingungen der Vertheidigung von Häfen gegen die Versandung, dass die windseitig gelegenen Flüsse mindestens 14 bis 18 Kilom. (8 bis 9 Miglien) entfernt seien, kann bei der gegebenen Sachlage wohl nur bezüglich einer Schwächung, keineswegs aber einer vollständigen Unschädlichmachung der Zufuhr von Süsswassersedimenten gelten.

Die vor dreihundert Jahren bestandene Meeresküste zwischen der jetzigen Silemündung bis zum Fort Terrapresse ist von der heute bestehenden wesentlich verschieden. In der Nähe von Lido, St. Erasmo und Treporti erhält man über den Landzuwachs besonders interessante Aufschlüsse. Die Figuren 5, 6, 7, 8, siehe Tafel II, werden die Besprechung derselben wesentlich unterstützen.

Der alte Hafen von Lio maggiore war im Jahre 1552 fast in der Mitte der Küste, zwischen der Silemündung und dem seinerzeitigen Hafen von Treporti gelegen, und theilte mit dem dazu gehörigen Canal Pordelio das Litorale Cavallino in zwei Hälften (Fig. 5, Tafel III). Die Fig. 6, Tafel II belehrt uns, dass der genannte Hafen in Folge des Landzuwachses an dieser Küste im Jahre 1682 bis in die Nähe von Treporti, das ist gegen Südwesten hin, verschoben war; der Canal von Pordelio musste sich dementsprechend parallel zur neu geschaffenen Küste verlängern. Im Jahre 1725 (siehe Fig 6, Tafel II) war die südwestliche, vom Litorale Cavallino zungenförmig ausgehende Sandbank schon so weit gegen den Lido hin ausgebaut und erbreitert, dass jede Spur des alten Hafens von Lio maggiore verloren ging, und der Canal von Pordellio mündete in jenen von Treporti. Bis zum Jahre 1811 hat sich dieselbe Sandbank des verlängerten Litorale Cavallino nicht nur erbreitert und gekräftigt, sondern sie gab dem Canal von Treporti, welcher früher normal zur Küste in das offene Meer mündete eine ausgesprochen südwestliche Richtung. (Siehe Fig. 8, Tafel II). Die hydrographischen Aufnahmen des Ingenieurs Müller vom Jahre 1871 geben gegenwärtig das genaueste und instructivste Bild, sowohl über die Lage und Beschaffenheit der drei Häfen, wie des angrenzenden Küstenstriches. Das Kartenbild vom Jahre 1811 mit jenem von 1552 verglichen, bestätiget nicht nur, dass das Litorale Cavallino in den verflossenen 300 Jahren einen grossen Landzuwachs erfahren habe, sondern auch, dass die obere Lagune, welche seinerzeit das Wasser durch den alten Hafen von Lio maggiore erhielt, in derselben Zeitperiode vom offenen Meere fast

ganz abgeschnitten und der Versumpfung deshalb preisgegeben wurde, weil die natürliche Spülung nach Versandung des alten Hafens nur auf den Canal von Treporti beschränkt geblieben ist.

Bis zum Jahre 1725 (siehe Fig. 6 und 7, Tafel II) waren die Mündungen der Canalhäfen von Lido, St. Erasmo und Treporti noch vollständig von einander getrennt, und jeder functionirte für sich. Seitdem sich die südwestlich von Punta dei Sabbioni am Litorale Cavallino ausgehende Sandbank so bedeutend ausgedehnt und gehoben hat, kann die Fluth der Gezeiten nur mit Hindernissen in die Lagune eindringen und die Rückfluth ist wegen der abgeschwächten Stosskraft nicht mehr im Stande die querüber liegende Sandbank anzugreifen und wegzuräumen.

Die Regierung der Republik von Venedig hat schon im 13. Jahrhunderte der Erhaltung der Canalhäfen von Lido, St. Erasmo und Treporti besondere Sorgfalt zugewendet, da sie für die Handelsschifffahrt sehr wichtig waren. Im Jahre 1351 wurde versucht den Canalhafen von St. Erasmo zu schliessen, in der Meinung, dass jenes Spülwasser, welches sonst dort eindrang, dem Hafen von Lido und Treporti zu Gute kommen und die Fahrcanäle vertiefen müsse. Die von dieser Massregel erhoffte Wirkung entsprach selbstverständlich den Erwartungen in keiner Weise; der Hafencanal von St. Erasmo wurde deshalb wieder geöffnet. Derselbe Hafen wurde in späteren Jahren aus derselben Ursache noch zweimal geschlossen und geöffnet und, als man endlich das Nutzlose dieser Experimente erkannte, erfolgte die letzte Wiedereröffnung des Hafencanales im Jahre 1675. Diese Proben und Gegenproben geben zu bedenken, dass der Verfall der Lagune schon im 13. Jahrhunderte fühlbar geworden ist, und dass die Experimente, dieselbe zu verbessern und zu erhalten, nicht nur, wie besprochen, an der Landseite, sondern auch an der Meerseite, fast zu gleicher Zeit begonnen haben müssen.

Aus dem hydrographischen Plane Tafel IV, Fig. 1, geht hervor, dass die von ENE gegen WSW streichende Küste des Litorale Cavallino mit jener von Litorale Malamocco (Streichen von NNE gegen SSW) einen Winkel von beiläufig 136° einschliesst, dessen Scheitel im Mündungsgebiete der Hafencanäle von Lido, St. Erasmo und Treporti gelegen ist. Die Isohypsen dieses Kotenplanes deuten auf einen sanft ansteigenden Meeresgrund. Im Scheitel des von den beiden Küsten gebildeten Winkels liegt auch die bereits erwähnte, von Punta dei Sabbioni ausgehende Sandbank, welche einst den Hafen von Lio maggiore vernichtete und jetzt die Hafencanäle von Lido und Treporti durchschneidet.

Die Isohypsen dieser Sandbank haben dem Resultate gemäss, welches sich aus den als Componenten aufgefassten Wellenströmungen des SE und NE und dem lagunaren Ebberückstrom ergibt, eine derartige Lage, dass man den Einfluss der Wellenströmungen, welche den lagunaren Ebberückstrom zu erdrücken suchen, sofort erkennt. Je mehr sich die Sandbank kräftiget, desto mehr lenkt dieses Hinderniss den Ebberückstrom von seiner ursprünglichen, zur Küste normal gewesenen, Richtung ab, die neue Sedimentzufuhr verkleinert bei der Gelegenheit auch die Canalquerschnitte und der immer geringer werdenden, durch die letzteren strömenden Wassermasse der Rückfluth wird nach und nach die Fähigkeit benommen, neu entstandene Hindernisse wegzuräumen. Zu dem verlängert sich der Weg des Ebberückstromes windabseits zusehends, die lagunaren Sinkstoffe, welche unter anderen Umständen weit ins offene Meer getragen wurden, bleiben zufolge der verlornen Stosskraft des Wassers, schon früher liegen, und ersticken im Verein mit den Materialien, welche die Wellenströmungen bringen, die Mündungen der Hafencanäle. Die Combination der hydrographischen Aufnahmen vom Jahre 1871 mit jener vom Jahre 1812 ergibt, dass die Küste des Litorale Cavallino in den letzten 60 Jahren sehr grossen Veränderungen unterworfen war. Während der südwestliche Theil des Cavallino über die Punta dei Sabbioni hinaus, bis zum Jahre 1871 einen bedeutenden Landzuwachs erhielt, ist die nördlich davon gelegene Küstenstrecke des Jahres 1812 benagt und verläuft gegenwärtig fast geradlinig. (Siehe Tafel IV, Fig. 1).

Zwischen der Punta dei Sabbioni und dem Litorale Malamocco ist der Meerboden nur von einer 2 bis 3$^{met.}$ tiefen Wasserschichte bedeckt, (Tafel IV, Fig. 1) während die moderne Schifffahrt eine Wassertiefe von mindestens 8$^{met.}$ wie im Hafen von Malamocco, verlangen würde. Diese Tiefenkote ist von Litorale Cavallino gegenwärtig 2200$^{met.}$, von Litorale Malamocco 3520$^{met.}$, vom Fort St. Erasmo 3900^{met} entfernt. Die Profile MM', FF', LL', EE', SS, RR (siehe Tafel I, Fig. 7, 8, 9, 10, 11, 12 und Tafel II, Fig. 1), welche aus der Combination der hydrographischen Aufnahmen des österreichischen Marineobercommandos über die Lagunen von Venedig mit den Aufnahmen des Ingenieurs Müller vom Jahre 1871 erhalten und ineinander gezeichnet wurden, ergeben, dass die Materialbewegung an der Mündung der genannten Hafencanäle in den letzten 11 Jahren auffallend zugenommen habe. Das Profil LL zwischen dem Fort St. Nicolo und der Punta dei Sabbioni (Fig. 7, Tafel I) belehrt, dass die Hafencanaltiefe des Lido vom Jahre 1860 bis 1871 sich an der Schnittstelle von 18$^{met.}$ auf 13$^{met.}$ vermindert habe. Abgesehen von der Thatsache der in den vorliegenden

Profilen zum Ausdruck kommenden Materialauftrages wäre noch der Erscheinung zu gedenken, dass die Canäle von Treporti und von Lido, welche vom Meere früher getrennt gespeist wurden, sich gegenwärtig zu vereinigen streben. In der Lagune haben die drei genannten Hafencanäle sehr beträchtliche Tiefen aufzuweisen. Beispielsweise beträgt die Tiefe des Canales von Lido zu Venedig 12 bis 28$^{met.}$ Hingegen laufen die drei Hafencanäle, wie es die Isohypsen illustriren (siehe Fig. 1, Tafel IV), auf der vom Litorale Cavallino ausgehenden Sandbank in Tiefen von 5 bis 3$^{met.}$ aus; mit der Zeit werden sich ihre Mündungen dort ganz verlieren. Ebenso wie der alte Hafen von Lio maggiore seinerzeit in den Canal Pordelio verwandelt wurde, in eben der Weise werden die Canäle von Treporti und Erasmo von der wachsenden Sandbank gegen den Canal von Lido hingedrängt und gezwungen, sich mit demselben zu vereinigen. Von den drei genannten Canälen dürfte jener von Lido mit dem offenen Meere am längsten in Verbindung bleiben. In den letzten 150 Jahren hat die Sandbank des Litorale Cavallino die Abflussrichtung dieser Canäle wesentlich verändert. Der lagunare Gezeitenrückstrom dieser Canäle war seinerzeit nach SSE gerichtet, gegenwärtig ist derselbe nach SW ausgebogen. Je grössere Hindernisse sich dem in die Lagune strömenden Fluthwasser an der Meerseite entgegensetzen, desto schneller geht die Lagune dem Verfalle entgegen. Es wurde die Behauptung aufgestellt, dass der Canalhafen von Lido, wenn keine Abhilfe getroffen werden sollte, in 150 Jahren versandet und zum grössten Theile geschlossen sein dürfte. An die Stelle desselben dürfte ein kleiner seichter Canal treten und mit dem Verlöschen der Thätigkeit der Hafencanäle von St. Erasmo und Treporti muss begreiflicher Weise das ganze zu demselben gehörige lagunare Hinterbecken total versumpfen.

Seinerzeit, als die bestandenen Häfen von Lio maggiore und der noch bestehende von Treporti zugleich functionirten und daselbst ein kräftiger Spülprocess unterhalten wurde, war der grösste Theil der oberen Lagune noch sumpffrei und gesund, und es blühten dort noch viele Städte und Dörfer. Mit der Verschlämmung und Versandung genannter Hafencanäle fanden jene Sedimente, welche sonst vom Gezeitenrückstrom ins Meer getragen wurden, immer mehr Zeit sich zu Boden zu setzen und die obere Lagune verfiel deshalb sehr rasch. Viele Thatsachen bestätigen, dass das, durch die Mündung des Hauptcanals in die Lagune tretende Fluthwasser wegen vieler Hindernisse erst in ein und einviertel Stunden nach den entferntesten Zweigcanälen von Treporti hingelangen könne. Die Zeit, während welcher das Lagunenwasser ruhig bleibt,

wird immer länger, und bei ruhigem Wasser haben die Sedimente die meiste Gelegenheit sich zu setzen. Die seichter werdende Lagune verlangt auch weniger Wasser, die natürliche Spülung verliert an Kraft, sie wird träger, die Sedimente füllen schliesslich auch die Canäle aus, und mit den verschlämmten Canälen, welche an der Mündung immer verschlungener werden, geht die Lagune zu Grunde.

Für die Meerseite der Lagune könnte der Einwand geltend gemacht werden, dass die an der Kreuzungsstelle des lagunaren Ebberückstromes mit den Wellenströmungen vorkommenden Materialdeponien erklärlich seien, und dass diese Erscheinung an fluss- oder von lagunaren Rückströmungen freien Küsten nicht vorzukommen brauche.

Von Punta dei Sabbioni gegen die Silemündung zu ist die Küste des Litorale Cavallino von lagunaren Ebberückströmen ganz frei. Die Isohypsen des Meeresgrundes verlaufen ziemlich regelmässig, sie erleiden erst im Gebiete der Häfen Lido und Treporti auffallendere Störungen, und dennoch kommen in dem Meere, welches an diese Küste angrenzt sehr beträchtliche Materialablagerungen vor. Das durch die hydrographischen Aufnahmen des österreichischen Marine-Obercommandos vom Jahre 1860 dargestellte Tiefenbild des Meeresgrundes, mit den Aufnahmen des Ingenieurs Müller vom Jahre 1871 verglichen, bestätiget, dass der Landzuwachs an diesen Küsten bei fehlendem Einflusse des lagunaren Ebberückstromes stattfindet. Die normal zur Küste von Litorale Cavallino in der Schnittrichtung SS' und RR' (siehe Tafel IV, Fig. 1) aufgenommenen, den hydrographischen Aufnahmen beider Jahre entlehnten und in einander gezeichneten, Querprofile ergeben, dass der Meeresgrund am Beginne der, die unterseeische Fortsetzung des Litorale Cavallino bildenden Sandbank sich etwas vertiefte (siehe Fig. 9, Profil SS, Tafel I). Die Wellenströmungen des stark erregten Meeres erleiden wahrscheinlich beim Anprallen an das Hinderniss der Sandbank eine Ablenkung, wirken auf den Meeresgrund erodirend ein und tragen die Materialien windabwärts. Die Muldenform der Isohypsen des Bodens bringt diese Thatsache ebenfalls zum Ausdruck (siehe Tafel IV, Fig. 1). Die nordöstlicher, jedoch an derselben Küste gelegenen, ineinander gezeichneten Profile RR' beider Aufnahmen (siehe Tafel IV, Fig. 1, und Tafel 1, Fig. 10) zeigen, dass der Materialauftrag in der Nähe der Küste während der letzten 11 Jahre bis zu 0·7$^{met.}$ zugenommen habe. Beide Profile kennzeichnen die auffallende Erscheinung, dass der sedimentäre Meeresboden mit dem Beginne der Tiefenkote von 8 bis 10$^{met.}$ in der Zeit von 1860 bis 1871, stellenweise sogar 2 bis 3$^{met.}$ gewachsen ist. Dieselbe Thatsache wird auch durch die Profile EE', S. Erasmo, Faro,

offenes Meer, Situation Tafel IV, Fig. 1, Schnitt Tafel I, Fig. 8; dann FF', Litorale Malamocco, offenes Meer, Situation Tafel IV, Fig. 1, und Schnitt Tafel I, Fig. 11; endlich MM', Litorale Malamocco, offenes Meer, Situation Tafel IV, Fig. 1, Schnitt Tafel I, Fig. 12; in auffallender Weise bestätiget. Die Profile EE' der Jahre 1860 und 1871 zeigen weiters, dass sich der Lagunenboden zwischen der Küste S. Erasmo und dem Faro la Pissota bedeutend gehoben hat. Die Profile MM' und FF' lassen erkennen, dass die Materialauf- und Abträge in der Zeit von 1860 bis 1871 in der Nähe der Küste von Malamocco wechseln. Diese Deponien sind jedoch verschwindend klein zu nennen, gegen die sedimentäre Materialaufspeicherung, welche in einer Entfernung von circa 1·5 bis 2·2 Kilom. von der Küste dieses Litorales beginnt und sich wahrscheinlich meereinwärts fortsetzt.

Es ist zu bedauern, dass die Aufnahme der Tiefen des an die Küste zwischen dem Sile und dem Po grenzenden Meeres in den Jahren 1860 und 1871 nicht weiter in das Meer hinein ausgedehnt wurden. Der Verlauf der Profile (Fig. 7, 8, 9, 10, 11, 12, Tafel I) hätte über den Zuwachs des sedimentären Bodens meereinwärts ein klareres Bild geben können.

Die vorgeführten Profile des Meeresgrundes aus den Jahren 1860 und 1871 geben über die Meeresthätigkeit an den Küsten von Cavallino und Malamocco recht klare und interessante Aufschlüsse, und die Stichproben an den weiter südlich oder nördlich davon gelegenen Küsten liefern ebenso belehrende Resultate. Leider muss darauf verzichtet werden das diesfällige Beweismateriale an dieser Stelle einzufügen. Wie die citirten Profile bestätigen, beginnt in der Tiefe von 8 bis 10$^{met.}$ eine auffallende Zunahme der Deponie fluvialer und mariner Sedimente; in dieser Entfernung von der Küste dürfte sich der Einfluss des lagunaren Ebberückstromes kaum mehr geltend machen. Wenn auch behauptet werden würde, dass die Sedimente der Piave und der Livenza, welche das Delta seither weiter in das Meer verschoben haben, nur den tiefer gelegenen Meerespartieen zukommen, so ist kaum anzunehmen, dass die Wellenströmungen das Material ausschliesslich dort entlehnen, um damit an den Küsten von Cavallino und Malamocco den Meeresgrund zu verflachen. Durch die geheimnissvolle Thätigkeit der Wellenströmungen werden aus den Meerestiefen ebenfalls Materialien hervorgeholt um mit jenen, welche continentale Flüsse herabbringen, den sedimentären Meeresboden an den Küsten gemeinschaftlich zu vervollständigen. Wenn aus den dargestellten sechs Profilen auch hervorgeht, dass in der Nähe des Litorale Cavallino und Malamocco Materialdeponie und Materialabtrag wechseln, so gibt das Gesammte für

die kurze Zeit von 10 Jahren doch einen Ueberschuss des zufällig hinzu gekommenen Bodens; zudem darf nicht übersehen werden, dass sowohl am Litorale Cavallino und Malamocco (siehe die Küstengrenze von 1812 und 1871), als wie auch an solchen Küsten des venetianischen Golfes, wo keine Ströme münden, dem Meere immerzu neues Land abgerungen und der Meeresboden durch neue Sedimentzufuhr verflacht wird. Das Gesammtbild der gegebenen Schilderungen ergibt entschieden, dass es mit der meerseitigen Versandung der Hafencanäle von Venedig Ernst wird. Durch die Sandbänke vom Meere getrennt, wird die Lagune schliesslich dem Schicksale der Versumpfung überantwortet.

Die Besprechung der Hafencanäle von Malamocco und Chioggia kann deshalb genereller gehalten werden, weil die Ursachen der Versandung im Wesentlichen dieselben bleiben, wie beim Lido. Die Laguneneinfahrt von Malamocco wurde in früherer Zeit nur von Kriegsschiffen befahren; in späteren Jahrhunderten aber nahmen, da der Hafen von Lido schon sehr stark versandet war, auch die Handelsschiffe, um nach Venedig kommen zu können, denselben Weg. Am Ende des vorigen Jahrhundertes hatte sich vom Litorale Malamocco ausgehend auch dort die Sandbank schon so weit gehoben, dass, weil der Canal von Malamocco der einzige, für grössere Schiffe fahrbare Wasserweg war, dem Seehandel nach der Stadt bei der Fahrtiefe von 4 bis $5^{met.}$, die grössten Gefahren drohten. (Siehe Fig. 13, Tafel I. Die eingeringelten Tiefenkoten stammen aus dem Jahre 1840). Napoleon I. ernannte im Jahre 1805 eine aus den Inspectoren Prony, Sganzin und dem Obersten der venetianischen Marine Salvini bestehende Commission, welche Vorschläge zu erstatten hatte, durch welche Mittel die Fahrtiefe des Canales von Malamocco vergrössert werden könne, nachdem der lagunare Ebberückstrom nicht mehr die Kraft hatte, die querüber liegende Sandbank wegzutreiben, und den Canal von den sich darin ablagernden Sedimenten zu säubern. Nach eingehenden Berathungen schlug die Commission vor, dass man den lagunaren Ebberückstrom nach seinem Austritte aus der Lagune zwischen Steindämme fassen und die Spülkraft des Rückstromes auf diese Weise zu vergrössern trachten solle, ein Mittel, welches, wie wir sehen werden, in früherer Zeit zum Theil beim Lido schon angewendet worden war. Die Ausführung dieser Massregel war von den besten Folgen begleitet; die neue Canalstrecke vertiefte sich nach der Herstellung der Steindämme im Mittel von 4 auf $8^{met.}$ (Siehe Fig. 13, Tafel I. Die nicht eingeringelten Tiefenkoten beziehen sich auf die Tiefen nach dem Ausbaue des Canales).

An dem Kopfe des nordseitigen Steindammes dieses Canales (Diga di Nord siehe Fig. 13, Tafel I) bildet sich gegenwärtig wieder

eine neue Sandbank, und droht die Mündung des Canales zu ersticken. Diese Gefahr, welche der Schifffahrt neuerdings bevorsteht, lässt sich nur durch Verlängerung des bereits vorhandenen Hafencanales, dessen Eigenheiten in dem wissenschaftlich-technischen Theile dieser Schrift zur Sprache kommen werden — für eine gewisse Zeit, jedoch niemals ganz, abwenden. Der Verlängerung solcher Canäle ist im offenen Meere ebenfalls eine Grenze gesetzt. Der immer schwächer werdende lagunare Ebberückstrom besitzt dann die Kraft nicht mehr den Canal seiner Länge nach auszuspülen und die Sedimente ins offene Meer hinaus zu tragen. Zudem wiederholen sich an der Mündung des verlängerten künstlichen Hafencanales die Einzelnheiten der Bildung von Sandbänken in eben der Weise, wie sie bei den Häfen von Lido, S. Erasmo und Treporti dargethan wurden.

Während die Hafencanäle von Lido und Malamocco mit der Existenz der mittleren Lagune und der Stadt Venedig innig zusammenhängen, ist die Laguneneinfahrt von Chioggia für die entlegene Lagunenstadt weniger wichtig; ihre Vernichtung würde nur die Existenz von Chioggia in Frage stellen. (Siehe Tafel III, Fig. 1). In derselben Weise wie beim Lido und Malamocco bilden sich die Sandbänke auch an der Hafenmündung von Chioggia, doch ist nach den bei der Brenta gemachten Erfahrungen sehr grosse Aussicht vorhanden, dass die fluvialen Ablagerungen, der Schliessung des Hafencanales durch marine Sedimente zuvorkommen werden. Ganz anders stehen die Dinge in der oberen und mittleren Lagune. Die Hafencanäle von Malamocco und Lido werden schon längst versandet sein, bevor noch die dort mündenden Flüsse in der Lage sein werden auf dieselben directen Einfluss nehmen zu können. Die Brenta wird der mittleren und oberen Lagune, sobald ihre Mündung am offenen Meer liegen wird, weil sie windabseits liegt, keinen directen Schaden mehr bringen. Mittlerweile wird das Meer fortfahren die Hafencanäle von Lido und Malamocco zu versanden, und das Material dort so lange abzulagern, bis der Gezeitenstrom nicht mehr in die Lagune vorzudringen vermag. Dass sich der Meeresgrund an der Küste von Malamocco Cavallino, sowie an anderen Küstenstrichen immer mehr verflacht, bestätigen nicht nur die Profile 7, 8, 9, 10, 11, 12, Tafel I, sondern es geht auch aus der Situation Fig. 1, Tafel IV, hervor, dass die Küsten in das Meer vorrücken, und es ist auch die Zeit nicht allzuferne, in welcher die obere und mittlere Lagune vom Meere kein Spülwasser mehr empfangen dürfte. Nach den gegebenen Auseinandersetzungen kann die untere Lagune, wenn die Brenta darin belassen wird, als verloren betrachtet und aus dem Felde

unserer weiteren Betrachtungen ganz ausgeschieden werden, die Erhaltung der mittleren Lagune, wo Venedig liegt, hängt nur von der Erhaltung der Hafencanäle von Malamocco und Lido ab. Von den lagunaren Hafencanalmündungen sind jene des Lido, S. Erasmo und Treporti gegenwärtig am meisten verwahrlost, und wenn die Sandablagerungen in der bisherigen Weise ungehinderten Fortgang nehmen, so dürfte sie das Schicksal des alten Hafens von Lio maggiore sehr bald ereilen. Obwohl Manche behaupten, dass der Hafencanal von Lido in 150 Jahren total versandet sein werde, so dürfte es doch, trotzdem die Vergangenheit des Hafens zur Genüge bekannt ist, nutzlos sein, dem Gang der zukünftigen Ereignisse durch positive Zahlen vorzugreifen. Dem Denkenden hoffen wir in dieser Schrift ausreichende Anhaltspunkte an die Hand zu geben um sich bezüglich des lagunaren Verlandungsprocesses in jeder Hinsicht selbst ein möglichst wahrheitsgetreues Bild entwerfen zu können. Es ist bedauernswerth, dass gerade der bewohnteste Theil des Lagunengebietes zu Folge der versandeten Hafencanäle von Malamocco, Lido, S. Erasmo und Treporti den Versumpfungsgefahren am meisten ausgesetzt ist; die Miasmen der Sumpfluft lassen so ausgedehnte menschliche Ansiedelungen später nicht mehr existiren. Wird der Hafen von Lido versandet und die Fluth des offenen Meeres vom Lagunenbecken getrennt sein, dann kann die mittlere Lagune nur durch den Hafen von Malamocco, welcher am meisten Aussicht hat, lange schiffbar zu bleiben, vom Meere aus das Spülwasser erhalten, und wenn die Thätigkeit des Canales von Lido eingestellt ist, dann wird die lagunare Wasserscheide von S. Spirito-Madonetta weiter gegen Osten in das Weichbild der Stadt Venedig verschoben werden, und die Ausläufer der Canalzweige, die empfindlichsten Theile der Lagune, werden dann seinerzeit vielleicht gerade dort liegen, wo das Moment für die Sedimentbildung am grössten ist. Mit Rücksicht auf den Umstand, dass die Spülkraft des lagunaren Ebberückstromes in den obersten Canalzweigen am schwächsten ist, finden sich deshalb gerade an solchen Stellen alle Bedingungen vor, welche die Ausbildung der todten Lagune am meisten fördern. Nur durch die Canäle der lebenden Lagune können die dort situirten menschlichen Ansiedlungen neues Leben empfangen, sie dirigiren die frischen Fluthen des steigenden Meeres zu den entferntesten Zweigen und lassen die Sumpfvegetation nicht aufkommen. Hingegen flieht das Leben des Festlandes sowie des Meeres das Feld der todten Lagune und wenn die Relicten dort nicht zu Grunde gehen wollen, so müssen sie die Eignung besitzen, sich den geänderten Lebensbedingungen anbequemen zu können.

Es ist zweifellos, dass die Lagune vom offenen Meere schon längst getrennt sein dürfte, bevor die lagunaren Flüsse im Stande sein werden die lagunaren Canalmündungen durch ihr Schwemmland zu verlegen. Der Marzenego, Dese, Zero, Businello vermögen die lagunaren Wasserbecken nicht eher aufzuschlicken, bevor nicht die Hafeneinfahrten durch das Meer versandet sein werden; dann erst wird die Sumpfbildung in den vom Meere getrennten Lagunenbecken, nicht nur durch die vom Lande kommenden Sedimente, sondern auch durch die Verdunstung kräftigst unterstützt. Nachdem aber der Wasserspiegel eines Sees den analystischen Ausdruck des Gleichgewichtsverhältnisses zwischen Wasserzufluss und Verdampfungsverlust darstellt, so ist es fraglich, ob die atmosphärischen Niederschläge und die einmündenden Süsswasserflüsse wie der Marzenego, Dese, Zero, Businello im Stande sein werden, den Verdampfungsverlust des oberen und mittleren Lagunenbeckens vollkommen zu decken, was selbst dann zu bezweifeln wäre, wenn auf den Umstand Rücksicht genommen wird, dass die Verdunstungscapacität des Salzwassers bedeutend geringer ist, als jene des Süsswassers.*)

Auch die Erscheinung darf nicht übersehen werden, dass der, unter dem Einflusse des Sonnenscheines und des Regens schwankende Wasserspiegel des vom Meere getrennten Lagunenbeckens, wie bei den Flüssen erwähnt wurde, die Malaria und die miasmatischen Bodenausdünstungen, des dortigen Sumpfbodens, wesentlich fördern wird. Mit der Lagune verfallen und versinken die Bauten der Wohnsitze in den Lagunenschlamm, weil die Fieberluft den Menschen von denselben ferne halten und seine Existenz in der Lagune unmöglich machen wird.

In wie fern die verschiedenen Kräfte das Küstenfestland und damit auch die Anlandungen an der Adriaküste gegenwärtig beeinflussen, wurde, soweit eben die einschlägigen Argumente reichen, anfänglich erörtert, und wir haben gezeigt, dass sie innerhalb geschichtlicher Zeitperioden jene Leistungen, welche aus der Wechselwirkung des Luftkreises mit den flüssigen und festen Theilen der Erdrinde hervorgehen, nicht

---

*) Professor Chapman von der Universität zu Toronto gibt in einer am 20. Jänner 1855 im Institute zu Canada veröffentlichten Studie an, dass die Verdunstung des Meerwassers nur 0·54 jener des süssen Wassers betrage.

In neuerer Zeit hat Professor Ragona in Modena vielfache Untersuchungen über die Verdunstung des Meerwassers angestellt. Die erste Versuchsreihe vom Juli 1867 ist mit den Beobachtungen Champman's identisch. Nach Ragona beträgt die Verdunstung des Meerwassers 0·56 jener des Süsswassers. (Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie, III. Band, Seite 505).

erreichen und dass an der Nord- sowie an der Westküste der Adria das angeschwemmte Land überall dominirt. Was sind auch die verflossenen paar Jahrtausende, welche genügend waren die einst so blühenden Hafenstädte Aquileja, Altino, Adria, Ravenna u. s. w. meilenweit landeinwärts zu verlegen, gegen die Zeit der säcularen Meeresschwankungen einer Präcessionsperiode oder gegen die seit Jahrhunderttausenden andauernden Erhebungen der Alpenmassen im Hintergrunde unseres hydrographischen Gebietes. Es ist zwar klar, dass jene Kräfte, welche die Erdkruste allgemein beherrschen und gestalten, nach Ablauf grosser Zeitperioden stets die Oberhand behalten müssen, allein bei der Betrachtung der Verlandungserscheinungen in dem Lagunengebiete von Venedig sind es zumeist Ursachen localer Natur, die Meereswelle und die Hydrometeore des Festlandes, welche gegenwärtig die erste Rolle spielen.

Wenn auch das eventuelle Bestehen der Erscheinung säcularer Meeresschwankungen während der gegenwärtigen Präcessionsperiode, die Trockenlegung der Nordwest- und Nordküsten der Adria wesentlich fördern müsste, so kann andererseits der Werth des sinkenden Meeresniveaus unmöglich so gross sein, dass in den letzten 2000 Jahren die genannten Hafenstädte bei sinkendem Küstenfestlande in die heutige Position gerückt worden wären. Diese Städte müssten mit Hinblick auf den Umstand, dass die Bodensenkungen besonders auffällig sind, entweder am Meere verblieben, oder, wenn die Wassergrenze landeinwärts gerückt wäre, im Meere versunken sein.

In der Wirklichkeit hat keines von Beiden stattgefunden. Aquileja, Altino, Adria, Ravenna liegen landeinwärts, im Trockenen, ein Beweis, dass die sedimentären Bildungen an diesen Küsten seither stets das Uebergewicht behalten haben. Das Schwemmland rückt sowohl an der Nord- als wie an der Westküste der Adria in das Meer vor, und selbst flussfreie Küsten, welche die Materialien zu den Anlandungen, nach den früheren Darstellungen, aus den Meerestiefen zugeführt erhalten müssen, sind davon nicht ausgenommen.

Nicht das Küstenland des Nordens und des Westens der Adria allein trägt alle Merkmale sedimentärer Bildungen an sich, sondern, wie aus den Profilen Fig. 3 bis 12, Tafel I, hervorgeht, auch der Grund der angrenzenden Meereszone verflacht sich. Der Unterschied der Meerestiefen an der dalmatinischen Küste ist im Verhästnisse zu jenen an der West- und Nordküste der Adria sehr bedeutend; zudem sind die atmosphärischen Verhältnisse der Bildung von sedimentärem Boden in diesem hydrographischen Gebiete, sowohl an der Land- als wie auch an der Meerseite, günstig. Das Gesammtbild aller

Darstellungen ergibt, dass die Ausbildung des Küstenlandes bei sinkendem Boden von den fluvialen und marinen Sedimenten vollkommen beherrscht wird. Da aber auch die Lagunen von Venedig diesem Küstenlande angehören, so können dieselben von dem Schicksale der Verlandung nicht ausgeschlossen bleiben. Lange bevor noch die geheimnissvoll und langsam thätigen Bodenschwankungen dieses Terrain derart beeinflussen, dass die Lagunenstädte versinken oder aus dem Meere steigen, werden die lagunaren Hafeneinfahrten schon durch Sandbänke geschlossen und die Lagunenbecken der Sumpfbildung zum Opfer gefallen sein. Ueber das gegenwärtig in Bildung begriffene Schwemmland, das Grab der lagunaren Wohnsitze, schreiten nach vielen Jahrhunderttausenden grosse Naturereignisse hinweg, und die Spuren menschlicher Ansiedlungen erhalten darin jenen Werth, welchen etwa gegenwärtig die Leitfossilien in unseren geologischen Formationen inne haben.

Es wurde nachgewiesen, dass in dem vorliegenden hydrographischen Gebiete alle Bedingungen vorhanden sind, welche an der Nord- und Westküste der Adria den Ausbau des Schwemmlandes durch eine enorme Materialzufuhr fördern. Die norditalienische Tiefebene birgt im Hintergrunde die reichgegliederten Gebirgsmassen der Alpen mit zahlreichen Wasserläufen, welche vom mächtigen Strome an bis zum Torrente und dem Giessbach reichlich vertreten sind. Der jugendliche Character dieser Alpenlandschaft ist von einer Beweglichkeit und Lebensfrische durchdrungen, welche jeden Wanderer sehr tief anregen muss. Und welcher Contrast zwischen den Gesteinskolossen der Alpen und dem saftigen Grün der norditalienischen Tiefebene. Während die Alpenweiden, die Bergwiesen, von zahlreichen Schluchten und kahlen Gebirgswänden unterbrochen werden, suchen die Waldcomplexe sich nur kümmerlich zu behaupten; an den höchsten Berggipfeln glänzen Gletscher, liegen bleiche unabsehbare Schutthalden. Unten aber prangt die Tiefebene im vollen Blüthenschmuck und entwickelt eine Vegetationskraft, welche in diesen Breiten ihres Gleichen sucht. Die Festlandsstoffe der Flüsse treffen an der Adriaküste ein bewegtes Meer an, die Meereswellen greifen bei der Bildung des sedimentären Bodens ordnend ein, und es ist begreiflich, dass unter solchen Umständen die Lagunen von den Süsswassersedimenten seither viel zu leiden hatten. Die Küstenstrecke, welche vom Po beherrscht wird, ist trotz des sinkenden Bodens weit in das Meer vorgedrungen.

Schon der Umstand allein, dass die mittlere jährliche Bodensenkung in Ravenna 1·7$^{mm.}$, in Venedig 3$^{mm.}$ beträgt, wäre geeignet das Zurückbleiben der Wasserlinien im Lagunengebiete von Venedig zu

erklären; allein weitere Gründe dafür können auch in der Ablenkung der grösseren lagunaren Flüsse in das offene Meer, und in der, durch diese Massregel verringerten Sedimentzufuhr gesucht werden, denn die Lagune von Ravenna wurde, mit Ausnahme der Ueberreste von Commachio, von den unteren Armen des Postromes und durch die kleineren, dort situirten Flüsse trocken gelegt. In dem Lagunengebiete von Venedig hat das Schwemmland ungeachtet des sinkenden Bodens und der geschwächten Sedimentzufuhr zugenommen, und namentlich in letzterer Zeit, grosse Fortschritte gemacht. Gemäss des in der nördlichen Adria allgemein giltigen Gesetzes beherrscht das Schwemmland der fluvialen und marinen Sedimente bezüglich der Gestaltung dieser Küste für den Augenblick alle bekannten, höhern, die Erdkruste beeinflussenden Thätigkeiten. Man braucht sich nur des einen Umstandes zu erinnern, dass Lyell bei der Anlage artesischer Brunnen in Venedig in einer 400 Fuss tiefen Anschwemmungsschichte Torflager anbohrte, welche Reste von heute noch an der Küste lebenden Pflanzen enthielten. Die lagunaren Küstenflüsse haben im Vereine mit dem Meere die durch die Senkung entstandenen Tiefen dennoch auszufüllen und die bestehende Lagune zu verseichten vermocht; die zwischen Padua und Brondolo seinerzeit bestandene Lagune wurde in den letzten Jahrhunderten ganz trocken gelegt. Die Leistungen der Brenta in der Lagune von Chioggia seit dem Jahre 1840 allein schon genügen diese Thatsache begreiflich zu finden.

Mit der seit dem 13. Jahrhunderte urkundlich nachgewiesenen Verseichtung der lebendigen und der Zunahme des Complexes der todten Lagune, nimmt auch die Versandung der lagunaren Canalhäfen an der Meerseite von Jahr zu Jahr zu. Der Canal von Lido ist für grosse Schiffe unfahrbar geworden, und die Fahrtiefe des Hafencanales von Malamocco musste durch bauliche Anlagen verbessert werden. In dem Falle sind es ebenfalls die sedimentären Bildungen, welche trotz des sinkenden Landes der Lagune sowohl an der Land- als wie an der Meerseite sehr bedeutenden Schaden zufügen. Nach der gegenwärtigen Sachlage wird Venedig weder den Bodenschwankungen noch anderen in dieser Schrift erwogenen Eventualitäten, sondern dem im Werden begriffenen Versandungs- und Versumpfungsprocesse zum Opfer fallen. Meer und Flüsse reichen sich an der Adriaküste die Hand, die Verlandung des Lagunengebietes, gegen welche die Menschen schon seit 600 Jahrhunderten ankämpfen, endgiltig doch zu vollziehen.

Neben diesen Betrachtungen wäre noch der Erscheinung der Aufschlickung der Lagune durch die Winde zu gedenken, durch welche

der trockene Flugsand an dem Meeresstrande erfasst, erhoben und in die Lagune getragen wird. Aus der Windrose (Fig. 2, Tafel IV), in welcher die Winde der Dauer und Intensität nach graphisch dargestellt sind, geht hervor, dass der Scirocco vermöge seiner Richtung den Sandtransport laguneneinwärts am meisten zu unterstützen geeignet ist. Die Südwestwinde treffen, abgesehen dass sie von geringer Dauer sind, diese Küste nicht so günstig, und die Nord- und Nordwestwinde tragen den Sand meereinwärts. Die Sandbewegung wird durch den 46$^{met.}$ hohen Leuchtthurm am Porto di Piave vecchia, der jetzigen Silemündung am Litorale Cavallino am besten illustrirt. Wie durch ein Sandstrahlgebläse werden die Fensterscheiben desselben von dem in der Luft bewegten Sande matt geritzt, und die Thatsache der Sandbewegung wird durch die gegen die entsprechende Windrichtung gehaltene hohle Hand ebenfalls bestätiget. Der vom Südost-, Südwest-, dann vom Nordost- und Nordwestwinde erregte Wellengang ist im allgemeinen nach der venetianischen Küste hin gerichtet, nur die Nord- und Nordwestwinde treiben die Meereswellen und mit ihnen die fluvialen Sedimente, vornehmlich aber jene des Postromes, von der Küste weg in das offene Meer hinaus. Die Windrose, Fig. 2, Tafel IV, sowie die entsprechenden meteorologischen Tabellen, belehren weiters, dass die im Jahre thätigen Luftströmungen den Küstenwellenströmungen im venetianischen Golfe und dem durch sie nach den Küsten unterhaltenen Materialtransport günstig beistehen. Ihre Thätigkeit fällt gerade in eine Zeit, in welcher die trüben Gewässer der angeschwollenen Ströme und Flüsse des Gebietes dem Meere die grössten Sedimentquantitäten zuführen.

Im venetianischen Golfe liegen die Meerestiefen von 19 bis 20$^{met.}$ noch innerhalb der Anlandungszone und von der Küste im Mittel 20 Kilometer entfernt. Wenn daher die brechenden Wellen des erregten Meeres durch Stürme gegen die Küste geschleudert werden, so trübt sich das Wasser weit meereinwärts. Wird diese Thatsache mit der bildlichen Darstellung (Fig. 1, Tafel I) in Beziehung gebracht, so ergibt sich, dass die gegen einander gerichteten Wellenströmungen der herrschenden Winde an der West- und Nordküste die Ablagerung mariner und fluvialer Sedimente am meisten fördern müssen. Wäre in der Wechselwirkung zwischen den Wellenströmungen, den Flüssen und den Winden nicht der Schlüssel zu dem Geheimnisse zu suchen, weshalb im offenen Meere und im Felde der Anlandungszone, gegenüber und parallel zu dem Litorale Cavallino, zwischen Chioggia und Caorle die Sandbank von Cortellazzo auf dem Meeresgrunde sich aufbaut? (Siehe

Situation Tafel II). Unter solchen Umständen bleibt die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass diese Sandbank nach der Versandung des Lagunengebietes von Venedig, sobald das Podelta und die venetianischen Küsten weiter in das Meer vorgerückt sein werden, aus dem Meere emporsteigend ein neues Lagunenbecken abschliessen könnte. Die Gesammtheit der local thätigen Kräfte vermag eine derartige Gestaltung der Landbildung dieses Golfes am deutlichsten klarzulegen und zu erklären.

Die gegebenen Auseinandersetzungen führen zur Erkenntniss, dass die Natur der Schwemmlandbildungen im Golfe von Venedig an der Land- und Meerseite allgemeiner und nicht localer Natur sind. Wenn auch aus dem Abschnitte über die lagunaren Flussablenkungen von Venedig hervorgeht, dass die Sedimentzufuhr nach der lebenden und todten Lagune bedeutend abgeschwächt wurde, so ist damit das Uebel der lagunaren Aufschlickungen an der Landseite keineswegs behoben. Durch diese Massregel wurde in der mittleren Lagune die Sumpfbildung nur verzögert; wären die Brenta und der Sile in den alten Positionen geblieben, so müsste mit Burano, Murano auch Venedig und alle die kleineren dort situirten Orte schon lange zu Grunde gegangen sein. Die untere Lagune, wohin die Brenta nach der bekannten Ueberschwemmung auf Anrathen Paleocapa's durch Entschliessung des damaligen Vicekönigs für Venetien und die Lombardie, Sr. kais. Hoheit des Erzherzogs Rainer, im Jahre 1840 verlegt wurde, liefert bezüglich der Verlandungscapacität der lagunaren Flüsse die besten Anhaltspunkte. Die mittlere Lagune ist gegenwärtig bis auf einige dort mündende Schifffahrtscanäle, fast ganz flussfrei; die übrigen Zuflüsse, wie der Marzenego, der Zero, Dese, der Businello, liegen in der oberen Lagune, und, sollte das Project des Cavaliere Spadon, den Vallio und Meolo, wie schon erwähnt, durch den Canal Lanzoni abzuleiten und dafür den Businello zu schliessen, sich verwirklichen, so ist die Sedimentzufuhr in der Nähe von Venedig auf das mögliche Minimum reducirt.

Mit der Erhaltung der todten Lagune ist die Erhaltung der lebendigen Lagune auf das Innigste verknüpft. Je breiter das Feld der ersteren ist, um so gesicherter ist der Bestand der letzteren gegen die Angriffe von der Landseite her. Dem Beobachter kann es nicht entgehen, dass die Sumpf-, die Schilfvegetation, die vielen kleinen und grossen Wasserbecken der todten Lagune, dem Vordringen der vom Lande her kommenden Sinkstoffe einen grossen Widerstand entgegensetzen. Sie zwingen die fluvialen Sedimente sich abzulagern, das Wasser der Landzuflüsse erreicht die lebendige Lagune im filtrirten Zustande, und es

werden dort nur geringe Quantitäten fluvialer Sedimente abgelagert. So kommt es, dass die todte Lagune an der Landseite für die Erhaltung der lebendigen Lagune fast eben so wichtig ist, als wie der mittelst der Laguneneinfahrten, durch die Gezeitenströmung, von der Meerseite aus, unterhaltene Spülprocess. Beide Extreme stehen dem kräftigen Leben der frischen Strandseen als mächtige Beschützer und Förderer zur Seite.

Die Gesammtfläche der bevölkertsten Lagunentheile von Malamocco, Lido, S. Erasmo und Treporti beträgt 434·6 □Kilom., davon entfallen 213·13 □Kilom. auf die lebendige und 221·43 □Kilom. auf die todte Lagune. An der Landseite ist die lebendige Lagune daher thatsächlich durch einen grösseren Complex todter Lagune geschützt, als sie selbst an Fläche einnimmt. Bis dieser breite Gürtel Sumpflandes durch fluviale Sedimente bei sinkendem Küstenlande derart aufgeschlickt sein wird, dass die lagunaren Flüsse zum directen Angriffe auf die lebendige Lagune und auf das Weichbild von Venedig übergehen werden, dürfte noch eine geraume Zeit vergehen. Nicht von dorther droht gegenwärtig dem Bestande der lebendigen Lagune die grösste Gefahr, sondern an der Meerseite, wo die bevölkertsten Lagunen von Lido, S. Erasmo und Treporti durch Versandung der zugehörigen lagunaren Hafeneinfahrten, dem wohlthätigen und reinigenden Einflusse des Gezeitenrückstromes immer mehr entzogen werden, da liegt die empfindliche Stelle derselben.

Wenn auch die Fahrtiefe des zu Anfang dieses Jahrhunderts ganz versandet gewesenen Hafencanales von Malamocco durch die Anlage der Diga di Nord und der Contradiga (siehe Fig. 13, Tafel I) vergrössert, und die meerseitige Sandbank vom Gezeitenrückstrome weggetrieben wurde, so bleibt die Wohlthat dieser Anlage auf die Spülung der bevölkertsten Lagunen von Lido, S. Erasmo und Treporti deshalb ohne Einfluss, weil der dazu gehörige Spülstrom nur bis zur Wasserscheide von S. Spirito reicht. (Siehe Tafel II). Dagegen sind die Hafencanäle von Lido, S. Erasmo und Treporti, welche für die dazu gehörigen Lagunengebiete und die darin situirten Wohnorte von der vitalsten Bedeutung waren, gegenwärtig schon derart versandet, dass es der steigenden Meeresfluth immer schwerer wird das Wasser in die Lagune zu treiben; die Spülkraft des Gezeitenrückstromes wird dabei immer matter, und die Sinkstoffe, vom animalischen Leben unterstützt, finden in der Lagune thatsächlich immer mehr Zeit sich zu setzen, und die festen Stoffe, welche der lagunare Ebberückstrom in das offene Meer mitnimmt, tragen zur Erhöhung der an der Hafenmündung liegenden Sandbank deshalb vielfach bei, weil es dem lagunaren Rückstrom an Kraft gebricht sie weiter in das offene Meer hinauszutragen.

Der gegebene Entwurf des configurativen Bildes an den Mündungen der Canalhäfen von Lido, S. Erasmo und Treporti, sowie an der Küste des Litorale von Malamocco und Cavallino angrenzenden Meeresgrundes, bestätigen mit Hinblick auf die Situation, Fig. 1, Tafel IV und die Querprofile, Fig. 7 bis 12, Tafel I, die volle Wahrheit der gegebenen Schilderung, und nicht nur zunächst der Küste, sondern auch in grösseren Meerestiefen zeigt der Meeresgrund alle Merkmale des Anwachsens von Sedimentärschichten.

Nachdem die Hafencanäle von Lido, S. Erasmo und Treporti die wichtigste Stelle für die lagunare Existenz der Stadt Venedig bilden, so ist es nicht möglich sich der Ansicht zu verschliessen, dass eine weitere Verzögerung, die am Schlusse dieser Schrift zur Sprache kommenden baulichen Anlagen auszuführen, die unangenehmsten Consequenzen, schon früher als es nöthig wäre, nach sich ziehen muss; nur die Kräftigung des Spülprocesses, ähnlich wie es bei dem Hafen von Malamocco geschah, scheint geeignet zu sein, die Sumpfbildungen vom Weichbilde der Stadt Venedig fernzuhalten, und die zugehörigen Lagunentheile vor dem zu raschen Verfalle zu retten. Die Bestätigung des Gesagten, sowie den Gesammteindruck der mittleren Lagune empfängt der Beobachter von dem Marcusthurme aus (Cella 54$^{met.}$ hoch), wenn bei tiefstem Stande der Ebbe die seichten Stellen derselben sehr deutlich hervortreten. Der Hafen von Malamocco würde heute eben so versandet sein wie jene von Lido, S. Erasmo und Treporti, wenn die Thätigkeit des lagunaren Ebberückstromes, durch Anlage eines künstlichen Hafencanales (siehe Tafel II und Tafel I, Fig. 13) nicht gehoben worden wäre.

In der That ist die Lagune von Malamocco am besten bespült, und in maritimer Hinsicht soweit erhalten, dass die grösseren Handelsschiffe durch die dortigen Canäle über die lagunare Wasserscheide von S. Spirito nach Venedig gelangen können. Mit Hinblick auf die geschilderte Sachlage dürfte dieser Hafencanal selbst dann noch offen sein, wenn der nordöstlich davon gelegene Hafencanal von Lido seine Function schon lange eingestellt haben wird. Sollte für die Erhaltung der Hafencanäle von Lido, S. Erasmo und Treporti nichts gethan und dieselben der Versandung überlassen werden, so ist aller Voraussicht nach zu erwarten, dass die Ausläufer der Zweigcanäle an der lagunaren Wasserscheide von S. Spirito, durch den von Malamocco kommenden Fluthstrom, weil er in der Lagune von Lido keinem Gegenspülstrom begegnet, in das Weichbild von Venedig verdrängt werden dürften. Nachdem aber die Materialablagerung an dieser Stelle sehr gross ist, so dürften die Ausläufer der Zweigcanäle kaum genügen den Versumpfungsprocess

aufzuhalten. Haben die Hafencanäle von Lido, S. Erasmo und Treporti ihre Function dereinst eingestellt, so steht zu erwarten, dass die Lagunenpartieen, in welchen Venedig und die grösseren Orte liegen, selbst für den Fall rasch verfallen dürften, wenn auch der Canal von Malamocco noch offen sein sollte; aber auch die Mündung künstlicher Hafencanäle muss mit der Zeit versanden. Schon gegenwärtig bildet sich, vom Kopfe der Diga di Nord ausgehend, eine neue Sandbank, und es dürfte in nicht allzuferner Zeit die Frage der Verlängerung der Dämme an der Mündung des Hafencanales von Malamocco in den Vordergrund treten. Die Verlängerung des Hafencanales in das offene Meer hinaus hat aber, wie bereits gesagt, ihre Grenzen, und schliesslich wird auch dieser Hafencanal seinem Schicksale überlassen werden müssen. Werden dereinst alle Hafencanäle versandet und geschlossen sein, dann erst tritt vor der Trockenlegung durch das Schwemmland der lagunaren Flüsse das Sumpfland als Zwischenglied in den Vordergrund, und es dürfte darauf noch lange Zeit verstreichen, bis der Sumpfboden soweit aufgeschlickt und consolidirt sein wird, dass menschliche Ansiedlungen dort in gesünderer Luft gedeihen können.

Die älteren Fachgelehrten erklären die Verlandungsursachen der erwähnten Hafencanäle durch die combinirten Wirkungen der Litoralströmung mit dem lagunaren Ebberückstrom. Beide Strömungen schneiden sich (siehe Fig. 13 und 14, Tafel I), soweit nämlich der Einfluss des laguraren Ebberückstromes reicht, im offenen Meere, und bei Vermischung ihrer Wassertheilchen wird durch die Ausscheidung und Ablagerung der in mechanischer Suspension mitgeführten festen Stoffe die Bildung von Sandbänken an der Stelle wesentlich unterstützt.

Vor Allem ist zu bemerken, dass die Bildung von Anlandungen an der Nord- und Westküste der Adria eine allgemeine, und keine locale Erscheinung ist. Es ist daher nicht leicht denkbar, dass, mit Rücksicht auf die erwogenen Eigenschaften, die Litoralströmung mit der Geschwindigkeit von 5 bis 7 Kilom. in 24 Stunden, und der strömenden Schichte von 8$^{met.}$, nach andern Ansichten von 4$^{met.}$ Tiefe, den riesigen Materialtransport an der Küste allein beherrschen und auch jene Anlandungsarbeiten veranlassen könnte, welche zufolge der Profile Fig. 7 bis 12, Tafel I, an der Küste von Cavallino in Tiefen von 8 bis 10$^{met.}$ nachgewiesen wurden. Abgesehen, dass ein derartiger Einfluss, wie beispielsweise von dem lagunaren Ebberückstrome, von der Litoralströmung nicht nachgewiesen wurde, ist auch der mechanische Effect der Geschwindigkeit der letzteren mit den sonst gewonnenen Resultaten schwer in Einklang zu bringen. Die Beobachtungen an der Westküste der Adria, wo nach

Mantovani die festen Stoffe sogar gegen die Litoralströmung bewegt werden, lassen diese Annahmen nicht aufkommen. Schon die Strömungen der brechenden Wellen eines gewöhnlich erregten Meeres vermögen eine grössere Arbeitskraft als die Litoralströmung zu entwickeln; welchen Einfluss müssen dann erst die schäumenden Wassermassen eines stürmisch durchwühlten Meeres auf die Dislocation der Sedimente des Meeresgrundes haben, dessen Wellen im Stande sind, mit der Zeit Basaltfelsen zu zertrümmern, oder schwere Steine der Hafenanlagen fortzuspülen.

Ein treues Bild der Meeresthätigkeit an der Küste geben die Gewässer des Festlandes, welche bei ruhiger Atmosphäre und heiterem Himmel, selbst bei dem grossen Gefälle der Gebirgsthäler, so klar fliessen, dass das Geschiebe an der Flusssohle des Bachbettes genau unterschieden werden kann. Diese Erscheinung ist deshalb möglich, weil zwischen der Stosskraft der Wassermoleküle und den am Flussbette ruhenden Materiale eine Art Gleichgewichtszustand besteht; die Materialbewegung reducirt sich dabei auf ein Minimum. Sobald aber durch plötzliche und anhaltende Regen die Wassermassen der Hauptgerinne von den Gebirgsgehängen und Runsen herab zueilend, sich vermehren, da werden, so weit die Wirkungssphäre des Wassers im Flussbette reicht, die Materialien der Flusssohle aufgewühlt und die erdfarbenen Gewässer führen manchmal enorme Geschiebequantitäten thalab.

An der Küste zeigt sich dem Beobachter im Meere eine ähnliche Erscheinung. Bei ruhiger See kann man durch das Salzwasser, trotz der bewegten Wasserschichte der Litoralströmung, bis auf gewisse Tiefen den Meeresgrund deutlich übersehen; es wird kein trübes Wasser, keine Sedimentfortschaffung wahrgenommen. Wenn aber die ruhenden Wasserschichten des Meeres von Stürmen aufgewühlt und die Wellen von den Winden gegen den Meeresgrund und die Küste gepeitscht werden, da trübt sich das Meer an flachen Küsten kilometerweit, dann beginnt in dem Felde der Anlandungszone die Thätigkeit in der Dislocation der Materialien sich zu steigern, und wer das grossartige Schauspiel eines stürmisch erregten Meeres mit den Eigenschaften der Litoralströmung vergleicht und abwägt, der wird der Wellenthätigkeit das Uebergewicht in der Disposition der Materialien zuerkennen müssen. So wie die Gewitter und die Regen eines Sommers oft genügen, um in den Flussthälern auf dem Continente mit den feineren Sedimenten grosse Quantitäten grösseren Geschiebes fortzubewegen, und beim Eintreten ruhiger Atmosphäre wieder liegen zu lassen, in derselben Weise genügen

die Meeresstürme eines Sommers schon, die Materialien des Meeresbodens an der Küste fortzubewegen, und sie dort, wo hiezu die Bedingungen gegeben sind, liegen zu lassen.

Es wäre keineswegs wissenschaftlich, behaupten zu wollen, dass die Litoralströmung auf die Disposition der Materialien keinen Einfluss ausübe; auch sie wird in geeigneten Localitäten zur Gestaltung des sedimentären Meeres- und Küstenbodens etwas beitragen, unter keinen Verhältnissen jedoch erreicht sie eine solche Bedeutung, dass ihre Thätigkeit mit den grossartigen Leistungen der Wellenthätigkeit des Meeres identificirt werden könnte. Wenn sich daher die Sedimentablagerungen an den Mündungen der Hafencanäle von Chioggia, Malamocco, Lido, S. Erasmo und Treporti immerzu verstärken und den Meeresboden verflachen, so liegen die Gründe hiefür, wie bereits bemerkt, hauptsächlich in der Wechselwirkung des lagunaren Ebberückstromes mit den Wellenströmungen. Unter diesem Einflusse wachsen in der geheimnissvollen Tiefe des Meeres die Sandbänke langsam, aber zielbewusst von Jahr zu Jahr an, und sind die Mündungen der Hafencanäle von Lido, S. Erasmo und Treporti — das wäre nach den gegebenen Darstellungen eben des Meeres nächstes Ziel — soweit versandet, dass die Lagunen von dort aus kein Spülwasser mehr empfangen, dann beginnen für die Wohnorte der mittleren Lagune jene bösen Tage, während welchen sie wegen der Versandung der Hafencanalmündungen den Miasmen der Sümpfe rettungslos preisgegeben sein dürften. In Anbetracht des sinkenden Küstenlandes steht zu erwarten, dass der versumpfte Zustand der oberen und mittleren Lagune, nach der Abtrennung vom Meere, seinerzeit deshalb noch lange andauern werde, weil die wenigen dort situirten Wasserläufe mit ihren Sedimenten nicht im Stande sein dürften, das grosse Feld des Sumpfbodens so bald trocken zu legen. Das Düstere dieses Zukunftsbildes wird indessen durch den einen Umstand etwas gemildert, dass mit Rücksicht auf die erörterte Sachlage, dem geschilderten Verlandungsprocesse durch Regulirung der entsprechenden Canäle jetzt noch entgegengetreten werden kann. Wenn schon der Erfolg kein vollständiger sein dürfte, so wird die Durchführung dieser Massregel genügen, die Existenz der Stadt, sowohl in maritimer als auch in sanitärer Hinsicht, für längere Zeit zu sichern, und die Lagune vor Versumpfung zu bewahren. Wenn dereinst die auf die Erhaltung der Lagune abzielenden Mittel an der Meerseite ebenfalls erschöpft und die Hafencanäle versandet sein werden, dann dürfte möglicherweise die in jener Zeit lebende Generation der verbannten sedimentreichen Brenta und des Sile gedenken, weil diese Flüsse die Mittel an die Hand geben

können, den Sumpfboden der Lagune aufzuschlicken und trocken zu legen. Die Neigung der venetianischen Ebene ist derart, dass die verlassenen Gerinne der Brenta und des Sile nahezu in der Linie des grössten Falles liegen und somit die natürlichen Flusstracen darstellen. Es ist daher die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass die Natur dem seinerzeitigen Bedürfnisse der Aufschlickung des Bodens der mittleren Lagune auf diesem Wege selbst entgegenkommen dürfte. Den Marzenego aufnehmend, ist der Lauf der Brenta durch die Brenta morta, den Canal grande zu Venedig vorgezeichnet. Durch den Canal von Treporti herab würde nach der Vereinigung mit dem Dese und Zero andererseits der Sile der Zukunft vorrücken, um im Rayon des heutigen Hafencanales von Lido mit der Brenta zusammenzutreffen; Venedig könnte dann durch diese Flüsse mit dem offenen Meere verbunden sein. So kommt es, dass in dem Kreislaufprocesse, welchen jegliches irdische Ding durchzumachen hat, mit der Zeit auch feindlich Gewesenes willkommen wird: „Das erfuhren schon viele, die zuvor sich befehdet, dass begrabener Groll ein vortrefflicher Grund sei, den Bau des Vertrauens und der Treue zu tragen.“ (Jordan, Nibelungen.)

Bevor jedoch derartige Eventualitäten eintreten, wird selbstverständlich noch längere Zeit verstreichen müssen; die Regulirung des vernachlässigten Hafencanales von Lido bietet immerhin die Möglichkeit dar, dass die Lagunenstadt dem Besuchenden noch lange erhalten bleiben werde. Die Ausnahmsstellung der Stadt in frischer Strandsee ist eben auch geeignet, dem dahin pilgernden Continentalbewohner stets ein Object der Bewunderung zu bleiben. In dem milden Klima, unter zumeist heiterem Himmel gelegen, birgt das Weichbild von Venedig nebst vielen Kunstschätzen auch sehr interessante Bauten. Zudem erscheint die Stadt, mit dem Dufte der buntesten Märchen umkleidet, in einem Zauber verklärt, welcher jeden Besucher gefangen hält, wenn er sich am Marcusplatze ergeht, in den engen Calli herumirrt, oder in mondheller Nacht, umgeben von dem geisterbleichen Gemäuer der Palazzi des Canal grande, dem einförmigen Ruderschlag der Gondoliere lauscht.

Es würde zu weit und vielleicht zu unsicheren Resultaten führen, die Zeit der gänzlichen Versandung der Hafencanäle und jene des Verfalles der lagunaren Wohnorte näher zu präcisiren. Soviel ist gewiss, dass der rasche Fortschritt des thätigen Versandungsprocesses nur zu verzögern sein wird, wenn die Durchführung der, die Erhaltung der Stadt abzielenden Projecte mit allen Mitteln angestrebt wird; jedes Jahr

bringt die Lagune dem Verfalle näher. Fast macht es den Eindruck, als hätte die Versandung der Hafencanäle erst Ende des vorigen Jahrhundertes sich besonders fühlbar gezeigt; allein dies ist nur eine Täuschung. Die Erörterung der Frage der Erhaltung derselben ist damals etwas populärer geworden, sonst nichts — das Uebel bestand schon seit jeher.

Am Himmelfahrtstage des Jahres 1796 hat der Doge von Venedig zum letzten Male die bekannte weihevolle Ceremonie der Vermählung der Stadt mit dem Meere von dem prachtvollen Schiffe „Bucentaur" (Bucintoro) herab, am Lido vollzogen. Indem er den Vermählungsring in die Meeresfluthen warf, lautete der Spruch: „Desponsamus te mare in signum veri perpetuique dominii." Im darauf folgenden Jahre wurde das Prachtschiff, die theure Reliquie aus der Glanzperiode der Lagunenstadt, nachdem man zuvor die kostbaren Verzierungen desselben an Juden verkauft hatte, von den Franzosen verbrannt. Die Republik hatte ausgerungen. Fast wie im Grolle scheint auch das Meer sich von seiner ehemaligen Braut, der hinsterbenden Königin der Adria abzuwenden; es baut am Lido und die Küste entlang Sandschichte auf Sandschichte zum trennenden Walle zwischen sich und seiner einst so mächtigen Gebieterin.

V. Projecte zur Erhaltung und Verbesserung der natürlichen Hafencanäle von Lido, S. Erasmo und Treporti bei Venedig.

a. Allgemeines. Der Hafenbau bildet einen der schwierigsten Zweige des Wasserbaues. Bei festem Meeresgrunde und steil abfallenden Küsten wird die Erhaltung der Häfen aus nahe liegenden Gründen nicht so schwierig, als an Flachküsten, wo das Meer die Sedimente aufspeichert und dieselben zu versanden trachtet. Die Hafencanäle, welche zumeist an Flachküsten vorkommen, und die Aufgabe haben, natürliche Hafenbassins mit dem offenen Meere zu verbinden, sind der Versandung am meisten unterworfen.

1. Die Hafencanäle können mit einer Mündung continentaler Flüsse verbunden sein. Ein derartiger Spülstrom hat die Aufgabe, die Hafenanlagen von Anhägerungen zu bewahren. An Strömen, welche sich durch viele Mündungen in das Meer ergiessen, ist die Anlage von Hafencanälen nur an solchen Mündungsarmen anzurathen, welche sowohl in der innehabenden Richtung, als auch bezüglich der abfliessenden Wassermenge die grösste Permanenz versprechen können. Die äussersten

Arme eines Strom- oder Flussdeltas scheinen diesen Anforderungen am meisten zu entsprechen; sie werden, vom Lande aus betrachtet, durch die widerstandsfähigsten Ufer gehalten. Die mittleren Arme eines Stromdeltas liegen im eigenen flachen Schwemmlande, sie sind deshalb den Veränderungen am meisten unterworfen, und eignen sich, trotz der bedeutenden Wassermengen, zur Anlage von Hafencanälen nicht. Ebensowenig dürfte die Eindämmung mehrerer vereinigter Deltaarme das Ziel der kräftigen Spülung und Vergrösserung der Fahrtiefe erreichen, oder Hindernisse, wie z. B. Sandbarren vollends beseitigen, weil der grösseren Wassermasse auch die grösseren Sedimentablagerungen entsprechen. Die Vereinigung der Arme des Rhonedeltas zu einem ähnlichen Zwecke, hat beispielsweise den gehegten Erwartungen nicht entsprochen.

2. Die Hafencanäle können schon von der Natur aus, so gestaltet sein, dass sie den Wasserweg zwischen dem offenen Meere und einem natürlichen Hafenbassin (Lagunenbecken) darstellen. Die Erhaltung solcher Canäle wird nur durch die Gezeiten möglich. Der Ebberückstrom ist es, welcher in den Hafencanälen den Werth einer wirklichen Strömung erhält, die schädlichen Sinkstoffe nicht zur Ruhe kommen lässt, den Canal bespült, vertieft, und die Lagune frisch erhält. Sehr instructive Beispiele natürlicher Hafenbassins sind die untere, mittlere und obere Lagune von Venedig, welche durch kurze natürliche Hafencanäle (Laguneneinfahrten) von Chioggia, S. Erasmo und Treporti mit dem offenen Meere verbunden sind, und den Eintritt der Gezeitenwelle in die Lagune möglich machen. Sowohl die Hafencanäle als wie die Lagune werden in dem Falle, im Wege der natürlichen Spülung gereiniget, sie erfordern in Meeren, wo die Fluth nicht hoch steigt, zur Aufspeicherung des nöthigen Spülwassers ein entsprechend grosses natürliches Hinterbecken. In jenen Meeren hingegen, wo der Fluthwechsel sehr gross ist, kann man die Reservoirs zur Aufspeicherung des Spülwassers auch künstlich herstellen und die Hafencanäle durch einen künstlich erzeugten Spülstrom von Sedimenten rein halten.

3. Die natürlichen Hafenbassins werden auch mit künstlichen Canälen ausgestattet und durch Flüsse, wie z. B. die Sulinamündung der Donau, oder durch Umsetzung der Gezeitenrückfluth in eine Strömung, wie z. B. in dem künstlichen Hafencanale von Malamocco bei Venedig bespült und rein erhalten. In diesem Falle geht die Aufgabe zumeist darauf hinaus, die natürlichen Canäle dadurch zu verstärken, dass die Spülkraft des Wassers von Dämmen im verengten Canalquerschnitte zusammengehalten wird. Da aber solche Hafencanäle zumeist an Flachküsten gelegen sind, so ist, mit Hinblick auf die Ver-

sandung, die Erhaltung derselben fast unmöglich oder wenigstens sehr schwierig, wenn beständige oder vorübergehende Wasserströmungen fehlen sollten.

Bezüglich der allgemeinen Disposition von Hafencanälen wäre besonders ins Auge zu fassen, dass die Mündungen der Landflüsse mindestens 20 Kilom. von denselben entfernt sein sollen, eine Regel, welche wegen der Verminderung fluvialer Sedimentzufuhr nach dieser Stelle, schon von den ältesten Fachgelehrten zur Berücksichtigung empfohlen wurde. Von besonderem Vortheil ist es, wenn der Hafencanal so situirt werden kann, dass er an der Windseite durch eine Landzunge gedeckt wird.

Mag das Hafenbassin welche Form immer haben, so soll die Mündung des Hafencanales gegen den herrschenden Wind stets gedeckt sein. Schon Zendrini u. m. A. empfahlen, dass es von grosser Wichtigkeit wäre, die Hafencanäle gegen den nautischen oder hydraulischen Oberwind zu vertheidigen, und der Mündung derselben eine solche Lage zu geben, dass sie gegen den herrschenden Wind und gegen die Versandungen derart geschützt seien, dass die Schiffe leicht und sicher in den Hafen einfahren können. Montanari empfiehlt, die Hafencanäle gegen den Einfluss der herrschenden Strömung zu vertheidigen, und meint an der Küste von Venedig darunter die Litoralströmung. Wenn aber die Auseinandersetzungen der früheren Capitel berücksichtiget werden, so ist immer nur der herrschende Oberwind deshalb in erster Linie zu beachten, weil er den Wellengang und die Richtung jener Wellenströmungen bestimmt, welche bei der Verschlämmung und Versandung von Hafencanälen den grössten Ausschlag geben. Die Dämme künstlicher Hafencanäle müssen demnach stets eine solche Richtung erhalten, dass sie die Wellenströmungen der herrschenden Windrichtung schneiden, und ausserdem muss die Mündung des Hafencanales windabseit zu liegen kommen. Die Lage und Richtung des Hafencanales soll von Hafenbauingenieuren und erfahrenen und erprobten Seemännern gemeinschaftlich bestimmt werden.

Die Form der Hafencanäle ist sehr verschieden. Die Dämme, welche sie einschliessen, können gerade oder gekrümmt sein, sie können zu einander parallel laufen, oder gegen die Mündung hin convergiren. Bei krummlinigen Canälen soll die convexe Seite derselben windseits liegen. Diese Massregel wird von den Fachmännern deshalb empfohlen, weil der Wasserfaden gezwungen wird, an der hohlen Seite des Canales thätig zu sein, während der Wasserfaden geradliniger Canäle hin und her schlängelt und der Weg der grössten Fahrtiefe deshalb oft länger

wird, als in krummlinigen Canälen. Der windseitige Damm der Hafencanäle wird gewöhnlich länger gemacht, als der windabseits gelegene. (Siehe Tafel I, Fig. 13.) Diese Anordnung verhütet eine sogleiche Vermischung des Wassers des lagunaren Ebberückstromes mit der Küstenwellen- oder sonstigen Strömung an der Hafencanalmündung, ihre Sedimente sinken deshalb nicht gleich und der windabseitige kürzere Damm ermöglicht es, dass der aus dem Hafen kommende Rückstrom sich an die Strömung des offenen Meeres nach und nach anschliessen könne. (Siehe Tafel I, Fig. 13.) Diese Massregel trägt nicht nur zur Erhaltung der Fahrtiefe an der Mündung des Canales bei, sondern die Sedimente werden weiter in das offene Meer hinausgetragen und dort abgelagert. H. v. Chiolich-Löwensberg gibt in seinem Lehrbuche über Wasserbau an, dass die eben erörterte Anordnung der Dämme eines künstlichen Hafencanales, wie ausgeführte Beispiele beweisen, nicht die allgemeine sei, es kommt auch vor, dass der längere Damm windabseits und der kürzere Damm windseits ausgeführt wird. (Siehe Fig. 14, Tafel I.) Die von der Windseite kommende Strömung des offenen Meeres wird sich mit dem lagunaren Ebberückstrom in der Hafencanalmündung vereinigen, dort eine Wendung machen und das Fahrwasser am windabseits gelegenen Dammkopfe wie in einem concaven Stromschlauche tief erhalten. Ob die eine oder andere Anordnung der Dämme gewählt werden sollte, müssen die localen Verhältnisse entscheiden. Am Continente kann es einerseits vorkommen, dass die Kraft der Wassermasse eines Nebenflusses den Hauptfluss von seiner innegehabten Trace zu verdrängen vermag; andererseits kann wieder der Hauptfluss eine so enorme Kraft entwickeln, dass sich das Wasser des Seitenflusses staut und an der Mündung eine Menge Geschiebe deponirt; in allen Fällen bleiben so situirte Strecken des Hauptflusses einer Menge von Wechselfällen unterworfen. Aehnliche Erscheinungen können auch dort vorkommen, wo der lagunare Ebberückstrom mit der Strömung des offenen Meeres zusammentrifft. Je nachdem der erstere oder die letztere stärker ist, werden die Sedimente weiter in das Meer getragen, oder sie bleiben an der Mündung des Hafencanales liegen. Gegen die zweite Anordnung der Hafendämme (Fig. 14, Tafel I) und gegen die Meinung, dass die Wirkung der, an Hafencanalmündungen zusammentreffenden Strömungen einem concaven Stromschlauche ähnlich sein müsse, lässt sich einwenden, dass einerseits bei Vermischung der nach verschiedener Richtung bewegten Wassertheilchen der gewünschte Effect kaum erreicht werden dürfte und dass andererseits bei den Flüssen des Continentes die Wirkung eines concaven Stromschlauches sich dann am deutlichsten äussert, wenn die betreffende Flussstrecke von einmündenden Seitengewässern frei ist.

Die Hafencanaltiefe hängt von der Grösse der Schiffe ab. Mit dem Volumen derselben ist in neuester Zeit, wo man wegen des ruhigen Ganges die Tendenz hat, sehr grosse Schiffe zu bauen, auch das Bedürfniss nach grösseren Hafencanaltiefen gestiegen. Für grosse Schiffe sind 14 bis 15$^{met.}$ erforderlich. In Anbetracht der Steigerung der Ansprüche wird es deshalb sehr schwierig, Hafencanäle an Flachküsten herzustellen, weil jeder Meter der Canaltiefe sehr theuer erkauft werden muss.

Selbstverständlich hängt die Länge des künstlichen Hafencanales von der Wassertiefe ab, welche an der Mündung derselben erreicht werden sollte. Je flacher die betreffende Küste ist, desto länger muss, damit die in Aussicht genommene Fahrwassertiefe hergestellt wird, auch der Canal werden. Nach älteren Anschauungen soll die Mündung der Hafencanäle in einer Wassertiefe liegen, in welcher weder die Strömungen noch die Wellen den Meeresgrund erreichen können. Der Beginn dieser vermeintlichen Tiefenzone soll nach den gemachten Andeutungen in der Tiefe von 8$^{met.}$ gelegen sein. Wie kommt es aber, dass vor der Mündung des 8 bis 10$^{met.}$ tiefen Hafencanales von Malamocco, an dem Kopfe der Diga di Nord eine Sandbank in einer Tiefe sich bildet, wo man glauben sollte, dass der Einfluss der Litoralströmung nur sehr schwach zur Geltung kommen müsste. Es können demnach nur die Wellenströmungen der herrschenden Oberwinde es sein, welche mit dem lagunaren Ebberückstrome die Bildung solcher Sandbänke gemeinsam begünstigen. Würde man die Hafencanalmündung am Meeresgrunde dem Einflusse der Wellenbewegung ganz entziehen wollen, so müssten die Dämme des Canales bis zu jener Tiefe reichen, in welcher die Wellenthätigkeit beginnt, und das wäre in der Adria die Tiefe von 40$^{met.}$. Nach dem Vorliegenden ist daher die Möglichkeit gar nicht vorhanden, die Mündung der Hafencanäle der Versandung ganz zu entziehen.

Die Effecte der künstlichen Hafencanäle bleiben, mit Hinblick auf den gegenwärtigen Standpunkt der Wissenschaften, hinter den Erwartungen weit zurück. Die nöthige Fahrwassertiefe kann nur dadurch erhalten werden, dass die strömende Wassermasse der Rückfluth gezwungen wird, die Sohle des durch Dämme verengten Canalquerschnittes anzugreifen, und die gelockerten Materialien in das offene Meer hinaus zu tragen. Durch die Nothwendigkeit der Anwendung der Dämme erwachsen für den Canal zwei wesentliche Mängel: sie verengen den Hafencanalquerschnitt an der Mündung, sie erschweren bei Stürmen das Laviren und das Einfahren der Schiffe, und ausserdem schreitet die Küste hinter dem windseitigen Damme sehr rasch vor, weil die von der Windseite kommenden Materialien dort aufgehalten, den Meeresgrund

verflachen, am Kopfe des windseitigen Dammes in der Regel eine neue Sandbank ansetzen und mit dem Uebel, der Verschliessung des künstlichen Hafencanales tritt mit der Zeit wirklich die Nothwendigkeit heran, die Canaldämme zu verlängern. Diese Massregel kann mit Hinblick auf die Gesetze der Hydraulik nur bis zu gewissen Grenzen practicirt werden. Zu lange Canäle verzögern den Eintritt des Speisewassers in das Hafenbassin, und erhält derselbe nicht genügend Wasser, so wird der spülende Rückstrom immer schwächer und für die Reinhaltung des Canalquerschnittes um so wirkungsloser. Ausserdem dass lange Canäle noch schneller versanden, leidet in denselben die Beweglichkeit und die Manövrirfähigkeit der verkehrenden Schiffe. Wo die nöthigen Geld- oder sonstigen Hilfsmittel zur Genüge vorhanden sind, die Canäle rein und tief zu erhalten, entfällt die hervorragende Wichtigkeit des Spülstromes von selbst.

b. Der Hafencanal von Malamocco. In den weiteren Auseinandersetzungen werden nur die künstlichen Hafencanäle im Auge behalten; es dürfte demnach wünschenswerth erscheinen, das bewährte Beispiel des Hafencanales von Malamocco etwas näher kennen zu lernen. Die Sandbänke an der Mündung des Canales von Lido und Malamocco, welche in neuerer Zeit auffallende Fortschritte machen, sind schon alt. Ursprünglich war der Canal von Lido die eigentliche natürliche Wasserzufahrtsstrasse von Venedig, jene über Malamocco wurde erst dann benützt, als der Canal von Lido mit grösseren Schiffen nicht mehr zu befahren war. In den Acten der Republik befindet sich ein Decret aus dem Jahre **1411**, nach dessen Wortlaut angeordnet wurde, dass die Windseite des Canales von Lido mit einem Pfahlwerke zu versichern sei, damit der Sand denselben nicht verseichten könne. Indem abermals als Zweck angegeben wird, die von der Meeresströmung herrührenden Sandpartikel von Lido ferne zu halten, befiehlt ein weiteres Decret vom Jahre 1515, das vorher erwähnte Pfahlwerk zur Deckung des lagunaren Ebberückstromes zu reconstruiren. Auf Anordnung des damaligen Admirals von Venedig wurde das Pfahlwerk am Lido im Jahre 1582 neuerdings in Stand gesetzt.

Nachdem die erwähnte Sandbank auch die Mündung des natürlichen Hafencanales von Malamocco zu verschliessen drohte, so wurde im Jahre 1682, an der Windseite desselben, statt eines Pfahlwerkes ein Steindamm von 500 Schritt Länge projectirt, jedoch nicht ausgeführt. Im Jahre 1687 schlug Montanari vor, statt des zerstörten Pfahlwerkes am Lido, an der Windseite des Canales einen Steindamm zu erbauen, und setzte hinzu, dass es nicht nöthig wäre, die Canäle

gegen die Stadt hin auszubaggern, wenn man an der windabseitigen Canalseite des Lido, zu dem an der Windseite projectirten Damme, einen parallelen, jedoch kürzeren Steindamm ausführen, und die Arbeit des Vertiefens des Canales der Spülkraft des Wassers überlassen würde. Ein Jahrhundert später hatte Salvini das alte Montanari'sche Project aufgegriffen, und sein Bedauern ausgedrückt, dass es nicht schon früher ausgeführt wurde.

Aus dieser historischen Skizze geht hervor, dass schon die alten Ingenieure der Republik die lagunaren Zufahrtsstrassen durch Pfahlwerke gegen die von der Windseite kommende Sedimentzufuhr vertheidigten, später dafür Steindämme vorschlugen und schliesslich die Idee der windseits und windabseits vom Canale angeordneten Steindämme auf Grund desselben Principes erwogen haben, nach welchem in neuester Zeit der Hafen von Malamocco regulirt wurde. Die Idee, dass man also im Stande sei, durch Verengung des Hafencanalquerschnittes die Spülkraft des rückfluthenden lagunaren Ebberückstromes zu vergrössern, die Wassermasse zu zwingen die Canalsohle anzugreifen, und das Material in das offene Meer mitzunehmen, ist demnach schon alt.

Die Versandung der Mündungen der natürlichen Hafencanäle von Lido und Malamocco hatte am Ende des vorigen Jahrhunderts solche Fortschritte gemacht, dass die Schifffahrt auf dem Canal von Lido, der eigentlichen Zufahrtswasserstrasse während der Glanzperiode der Republik, aufgegeben, und die grösseren Schiffe auf dem Wege durch den Canal von Malamocco nach der Stadt einfahren mussten.

Mit Hinblick auf die Gefahren, welche sowohl der Lagune als auch der Schifffahrt drohten, ernannte Napoleon I. im Jahre 1805 eine aus den Inspectoren Prony, Sganzin und dem Obersten der venetianischen Marine, Salvini, u. m. A. bestehende Commission, mit dem Auftrage, über die Erhaltung und Verbesserung der natürlichen Hafencanäle von Malamocco und Lido zu berathen, und bezüglich der entsprechenden Massnahmen geeignete Vorschläge zu erstatten. Bei dieser Gelegenheit wurde das Project des Obersten Salvini, die Mündung des Canales durch Steindämme zu fassen, wovon der windabseits gelegene kürzer sein sollte, angenommen.*) Die Ausführung eines künstlichen Hafen-

*) In den Acten der französischen Commission von 1806 ist zu finden:

„L' emploi des jetes poussèes au large pour resserer la passe, et la théorie qui indique les effets qu' on doit attendre de ces ouvrages, ont, èté indique's dans un projet qui Mr. Salvini a fait, e qu' il a communiqué à la Commission.“

canales nach diesem Principe wurde, obwohl die Regulirung des Canales von Lido für Venedig viel wichtiger gewesen wäre, deshalb für Malamocco vorgeschlagen, weil die Giltigkeit dieses Principes im Meere der Probe durch die Erfahrung entbehrte, und weil für einen Versuch die Verwirklichung dieses Projectes am Canal von Malamocco viel billiger zu stehen kam. Im Jahre 1806 wurde das von der Commission befürwortete Project des Salvini, von Napoleon I. genehmigt, dasselbe jedoch wegen politischer Wirren nicht ausgeführt.

Auf der Basis älterer Entwürfe, trat im Jahre 1830 Paleocapa neuerdings mit dem Projecte auf, den Canal von Malamocco mit nahezu parallelen Steindämmen zu fassen, und den windabseits gelegenen Canaldamm kürzer zur Ausführung zu bringen. Dieses Project hatte damals viele Gegner, am meisten wurde das Princip desselben vom General Vacani bekämpft. Nichtsdestoweniger vertheidigte Paleocapa sein Project mit vielem Geschick, und obschon dasselbe bereits im Jahre 1835 die obrigkeitliche Genehmigung erhalten hatte (siehe Fig. 13, Tafel I), so wurde trotzdem die Ausführung desselben zu verzögern gesucht. Im Jahre 1838 legte Se. Majestät Kaiser Ferdinand I. von Oesterreich zu dem windseitigen Damme (Diga di Nord, siehe Fig. 13, Tafel I) den Grundstein; der eigentliche Bau desselben wurde erst im Jahre 1840 begonnen, und mit Hinblick auf den Umstand, dass der Damm die Meerestiefe von $8^{met.}$ erreichen sollte, auf die Länge von $2122^{met.}$ ausgeführt.*) Damit die Sandbank vor dem Canale von Malamocco auch zerstört werde und das Fahrwasser sich vertiefe, trat nunmehr auch die Aufgabe heran, windabseits den zweiten kürzeren Damm (Contra diga, siehe Fig. 13, Tafel I) anzulegen, welcher im Jahre 1850 begonnen, nur im Unterbau ausgeführt wurde. Zwischen den zwei Dämmen dieses künstlichen Canales hat sich das Fahrwasser in der kürzesten Zeit, trotzdem die Contradiga nur im Unterbaue vollendet war, von $4^{met.}$ auf 9 bis $10^{met.}$ vertieft, ein Erfolg welcher die Voraussetzungen des Paleocapa glänzend bestätigte. Vor der Vollendung des Canales von Malamocco war der Canal von Lido am meisten versandet, dann kam der Canal von Malamocco mit Tiefen von $4^{met.}$, nur der Canal von Chioggia hatte damals Tiefen von 6 bis $7^{met.}$ aufzuweisen.

c. Der natürliche Hafencanal von Lido ist für Venedig nicht nur wegen seiner bequemen Lage, sondern auch deshalb der

---

*) Der Kostenaufwand des Dammes betrug mindestens $1^1/_2$ Millionen Gulden CM. Die zu versenkenden Steinblöcke wurden aus den Steinbrüchen an der Küste von Duino bis Pola und aus den Klippen dei Brioni entnommen. (Förster'sche Bauzeitung, Jahrgang 1839, Seite 85.)

wichtigste, weil die Lagune, und damit das Weichbild der Stadt durch ihn bespült und gereiniget wird. Die Regierung der Republik hat auch, weil der Canal von S. Nicolo, jetzt Lido genannt, den Vortheil der kürzesten Wasserstrasse darbot, demselben seit jeher eine ganz besondere Aufmerksamkeit zugewendet, und zur Sicherung seines Bestandes seit dem Jahre 1349 viele Arbeiten ausgeführt. Selbst dann, als der Canal von Lido sich verschlechtert hatte, konnte die Regierung sich nicht entschliessen diese Wasserstrasse zu verlassen. Die Schaffung des neuen Wasserweges Malamocco-Venedig, durch Ausbaggerung eines Canales an der Wasserscheide von S. Spirito in der mittleren Lagune, geschah wie aus den Decreten der Republik und dem Abrisse einer Berathschlagung vom 17. November 1792 hervorgeht, nur aus strategischen Gründen. Im Falle eines feindlichen Angriffes auf das Arsenal oder die Stadt hatten die Kriegsschiffe über Malamocco den viel längeren Wasserweg zu durchfahren. Als später der Canal von Lido sich zusehends verseichtete, waren auch die Handelsschiffe gezwungen nach Venedig denselben Wasserweg zu benützen. Soweit die Belege zurückreichen, trachteten die Venetianer stets den besser situirten Hafencanal von Lido fahrbar zu erhalten, und wenn auch Viele für die Regulirung des Canales von Malamocco eintraten, so behielt die öffentliche Meinung, den Lido zu verbessern, trotzdem die Oberhand. Die Commission, welche in den Jahren von 1724 bis 1731 tagte, und Poleni, Zendrini und viele andere bekannte Fachmänner zu ihren Mitgliedern zählte, beschäftigte sich schon damals sehr eingehend mit zweckentsprechenden Vorschlägen, den Canal von Lido zu reguliren. Wahrscheinlich ist, wie bereits früher angedeutet wurde, die Grundidee des gegenwärtig bestehenden künstlichen Hafencanales von Malamocco durch diese Ingenieure ebenfalls berathen worden.

Es fällt sofort ins Auge, dass bei Vorhandensein der nöthigen Fahrtiefe von den zwei Canälen von Lido und Malamocco der natürliche Canal von Lido für die meerseitige Einfahrt nach Venedig die grösseren Vortheile bietet. Ueber diesen, für Venedig so wichtigen Canal, dem Zeugen so glänzender Feste, ruht indessen ein eigenthümliches Verhängniss; trotzdem die Regulirung desselben seit jeher sehnsüchtig angestrebt wurde, konnte keines der vielen Projecte verwirklichet werden.

Die Vorzüge des Canales von Lido treten, wenn Venedig als Verkehrscentrum betrachtet wird, gegen jene des Canales von Malamocco in auffallender Weise hervor.

1. Die Wasserstrasse des Lido ist um 10 Kilom. kürzer als jene über Malamocco. Während die Fahrt über den Lido nur $5^1/_2$ Kilom.

ausmacht, beträgt der Wasserweg über Malamocco in die Stadt 17·7, bis zum Arsenal 14·7 Kilometer; zudem liegt der Canal von Lido in der Richtung des Hauptcanales der Stadt.

2. Neben dem Nachtheile der grösseren Entwicklung hat die Wasserstrasse von Malamocco ausserdem noch die lagunare Wasserscheide von S. Spirito, wo das Moment für die Materialablagerung am grössten ist, zu passiren; die Erhaltung der Fahrwassertiefe kann an dieser Stelle nur durch unausgesetzte Baggerungen bezwungen werden. In der Nähe der Stadt befindet sich noch eine weitere wunde Stelle des Canales, es ist dies die Landspitze von Puntarolo, welche sich in der Lagune immer mehr auszudehnen sucht; sie ist wegen der örtlichen Canalkrümmung namentlich langen Schiffen, im Laviren und Einfahren hinderlich (siehe Fig. 1, Tafel IV.) Wenn trotz der Nachtheile dieser Wasserstrasse dennoch, die Mündung der Laguneneinfahrt von Malamocco, sowohl von der Commission des Jahres 1805/6 als auch von Paleocapa für die Anlage eines künstlichen Canales ausersehen wurde, so war dieser Vorgang darin begründet, dass ein neues, theoretisch richtiges System der Bespülung von Canälen an weniger verdorbenen Laguneneinfahrten erprobt und die gemachten Erfahrungen eventuell bei der Lidocanalregulirung verwerthet werden sollten. Abgesehen davon, dass man nicht sicher war, ob die neuen Hafendämme der Fluth der Gezeitenwelle bei der Speisung der Hafenbassins im Wege stehen werden, hat der Hafencanal von Malamocco zur Aufnahme von Spülwasser ein viel grösseres Lagunenbassin im Hintergrunde als es bei der Lagune und dem Canal von Lido der Fall ist.

Die Erhaltung des Hafencanales von Lido und die Reinigung des dazu gehörigen Lagunenbeckens ist in der Existenzfrage von Venedig unbestritten von hervorragender Bedeutung. Nachdem die Leistungsfähigkeit des künstlichen Canales von Malamocco nach seiner Vollendung sehr schätzenswerthe Resultate zu verzeichnen hat, so entschied sich „die Commission zur Verbesserung der Lagunen und Häfen von Venedig,“ welche die Frage der Lidocanalregulirung im Jahre 1866 wieder aufgegriffen hatte, für die Beibehaltung des beim Canal von Malamocco erprobten Principes, nach welchem die Lidocanalmündung durch zwei Steindämme zu fassen ist, und der lagunare Ebberückstrom durch diese Massregel gezwungen wird, die querüberliegende Sandbank wegzutreiben und das Fahrwasser zu vertiefen.

Zwischen dem Litorale von Malamocco und dem Litorale von Cavallino münden drei Canäle und zwar: der Canal von Lido, der Canal von S. Erasmo und der Canal von Treporti in das offene Meer.

Als die genannte Commission die Berathungen über die Lidocanalregulirung begann, musste vor Allem die Frage erörtert werden, ob die Mündungen aller drei Canäle, oder nur jene von Lido und S. Erasmo mit Ausschluss des Canales von Treporti in dem Querschnitt des künstlichen Hafencanales einbezogen werden sollten. Die Vertreter des ersten Projectes waren die Ingenieure Mati und Contin, der Vertreter der letzten Idee der Inspector Scotini. Vor dem hat sich nach der Vollendung des künstlichen Hafencanales von Malamocco auch Paleocapa mit der Lidocanalregulirung sehr eingehend beschäftiget und darüber sehr schätzenswerthes Studienmaterial hinterlassen, welches den späteren Projectanten in jeder Hinsicht viele Anhaltspunkte geboten hat.

Inspector Scotini liess den windseitigen Damm seines Canalprojectes vom Litorale S. Erasmo ausgehen und parallel zu denselben sollte in einer Entfernung von $400^{met.}$, der windabseitige Steindamm von der äussersten Nordspitze des Litorale Malamocco sich abzweigen.

Von den beiden Steindämmen, welche die besprochene Sandbank quer durchschnitten hätten, würde der nordseitige die Meerestiefe von $8^{met.}$ bei einer Länge von $4050^{met.}$ erreicht und die Kosten der Anlage würden 8·1 Millionen Francs betragen haben. Die Subcommission ist auf die Befürwortung dieses Projectes nicht eingegangen. Eingehendere Discussionen und die Vergleichung dieses Projectes mit dem Hafencanal von Malamocco ergeben vor Allem die Thatsache, dass die Weite des von Scotini projectirten Hafencanales, mit dem lagunaren Hinterbecken von Lido und S. Erasmo, wo die Anhäufung des Speisewassers erfolgt, in keinem Verhältnisse stehe. Bei dem Umstande als die Lagunenfläche im Hintergrunde des Canales von Malamocco 162·67 □Km., jene von Lido und S. Erasmo zusammen 107·615 □Km. beträgt, und vorausgesetzt dass der lagunare Rückstrom beider, ähnlichen Wirkungen entsprechen, kann angenommen werden, dass die Dammentfernungen des künstlichen Canalhafens von Malamocco (von welchem gute Erfahrungsresultate vorliegen) dann jene des projectirten Canales von Lido den dazu gehörigen Lagunenflächen, resp. den dort zur Fluthzeit aufgespeicherten Wassermassen proportional gesetzt werden können. Die Rechnung ergibt, dass die Dammentfernung für die zu vereinigenden Canäle von Lido und S. Erasmo circa $311^{met.}$ zu betragen hätte, während Scotini $400^{met.}$ annimmt. Würde der Canal von Treporti sich selbst überlassen bleiben, so werden die Materialien, welche die Meeresströmungen längs der Küste bewegen, von dem windseitigen Damme des projectirten Canales aufgehalten, die Mündung des Canales von Treporti müsste rapid versanden, und das Aufhören der Thätigkeit desselben

würde die Versumpfung der oberen Lagune um so rascher fördern, und die Malaria der Sümpfe könnte um so schneller bis zu den Thoren von Venedig vorrücken. Die Verschliessung des Canales von Treporti würde auch die Schifffahrt der mittleren Lagune unmöglich machen, und die sehr einträgliche Fischerei und die Salinenanlagen in der oberen Lagune zu Grunde richten.

Nach der Ablehnung des Scotini'schen Projectes wurden die Studien über die vorliegende Canalregulirungsfrage weiter ausgedehnt, und vor Allem mit den vom Ministerium der öffentlichen Arbeiten in Rom bewilligten Geldmitteln eine genaue Aufnahme der Küste und des Meeres zwischen der Silemündung und dem Forte Terrepresse (siehe Fig. 1, Tafel IV) durch den Ingenieur Müller in Venedig ausgeführt.

Die diesfälligen hydrographischen Aufnahmen belehren, dass die Mündungen der bestehenden Canäle von S. Erasmo und Treporti beinahe im Verlöschen sind, während der Canal von Lido an der Mündung eine grössere Tiefe aufzuweisen hat. (Siehe Fig. 1, Tafel IV.) Das Isohypsenbild des Meeresgrundes an den Hafencanalmündungen liefert, wegen der auffallenden Verseichtung, und Beeinflussung des Spülprocesses keine tröstlichen Anhaltspunkte.

Die vom Ingenieur Cecarelli begonnenen Hafencanalprojectstudien wurden von den Ingenieuren Mati und Contin auf Grund der neuen Terrainaufnahmen verfolgt, weiter entwickelt und detailirt, wobei die Vertreter der Marine und jene der sonst massgebenden technischen Behörden entsprechend Einfluss genommen haben. Die Subcommission hat beschlossen, alle drei Mündungen der Canäle von Lido, S. Erasmo und Treporti durch Steindämme in einen Hafencanal zu vereinigen (siehe Fig. 1, Tafel IV) und liess sich dabei von folgenden Erwägungen leiten: Die Oberfläche der Lagune von S. Erasmo und Lido beträgt zusammen 107·5 □Kilom., jene der Lagune von Treporti 164·4 □Kilom , die Totaloberfläche des Lagunenbeckens im Hintergrunde der drei zu vereinigenden Canäle beträgt daher 271·9 □Kilom. Ein so grosses Lagunenbassin im Hintergrunde lässt erwarten, dass es bei der Menge von Spülwasser, welches dort Platz findet, zur Bespülung und Reinhaltung eines Hafencanales viel geeigneter sein dürfte, als das Lagunenbecken von Lido und S. Erasmo für sich. Nebenbei wird der grosse Complex der oberen Lagune durch die Einverleibung in den künstlich herzustellenden Canal gerettet, mit dem Leben des Meeres verbunden und die Sumpfluft von der Stadt Venedig ferngehalten. Von dem Vortheile abgesehen, dass die neue Canalanlage, fast in der Verlängerung des Hauptcanales in

Venedig fällt, muss, der Ausdehnung des gesammten lagunaren Hinterbeckens entsprechend, auch die Entfernung der Dämme des projectirten Canales viel grösser, und für das Einfahren und Laviren der Schiffe bequemer angeordnet werden.

Nach dem Projecte der Ingenieure Mati und Contin wurde vorgeschlagen, dass der windseitige Damm des projectirten Hafencanales in der Nähe der Punta dei Sabbioni von Litorale Cavallino aus mit einem scharfen Bogen abzuzweigen, gegen das offene Meer in eine Gerade überzugehen, und nach der Länge von $3440^{met.}$ die Wassertiefe von $8^{met.}$ zu erreichen habe. (Siehe Fig. 1, Tafel IV.) Der zweite, windabseitig liegende, $2730^{met.}$ lange Damm geht von der nordöstlichen Spitze des Litorale Malamocco aus, mit einem sanfteren Bogen in das offene Meer und gegen die Canalmündung hin, wird derselbe in einer Entfernung von $1000^{met.}$ zu dem windseits projectirten Damme parallel. (Siehe Fig. 1, Tafel IV, mit vollen schwarzen Linien bezeichnet.) Die Berechnung der Mündungsweite von $1000^{met.}$ des projectirten Canales wurde nicht mit Zuhilfenahme der hydraulischen Gesetze, sondern auf Grundlage der beim erprobten Canal von Malamocco gesammelten Erfahrungen empirisch festgestellt.*)

---

*) I. Annahme. Der Berechnung der Canalweite, resp. der Entfernung der Dämme, des projectirten künstlichen Hafencanales von Lido, wurden die am Canal von Malamocco gemachten günstigen Erfahrungen zu Grunde gelegt und die zu suchende Canalweite der Gesammtfläche der betreffenden Lagune proportional gesetzt.

1. Die Gesammtoberfläche der Lagune von Malamocco, zwischen den Wasserscheiden von Furlani und Madonetta, welche den dazu gehörigen $471^{met.}$ weiten Hafencanal speist, beträgt 162·67 □Kilom.;

2. Die Gesammtoberfläche der Lagunentheile:

a) von Lido, zwischen der Wasserscheide von Madonetta und jener links von St. Erasmo, gespeist durch den Canal Lido;

b) von St. Erasmo, zwischen den dortselbst befindlichen Wasserscheiden, gespeist vom Canal St. Erasmo;

c) von Treporti, zwischen der Wasserscheide von S. Giacomo del Palude, Madonna del Monte und den entsprechenden Grenzen, gespeist durch den Canal von Treporti,

beträgt im Totalen 271·92 □Kilom. Daher wird die Entfernung x der Steindämme des projectirten Canales am Lido sein:

$$x = \frac{471 \times 271}{162} = 787^{met.}$$

II. Annahme. Die Entfernung der Dämme des projectirten Hafen-Canales von Lido, aus der Summe der Breiten, der noch bestehenden natürlichen drei Canäle abgeleitet, führt zu folgenden Erwägungen:

Bei der Feststellung der Richtung des projectirten Hafencanales war in erster Linie zu berücksichtigen, dass nicht nur die Sandbank, welche die Mündungen der drei genannten Canäle zu verschliessen sucht, sondern auch die Wasserströmungen der herrschenden Windrichtungen von der Canalanlage quer durchschnitten werden. Wie aus der Fig. 1, Tafel IV, hervorgeht, ist diesen Anforderungen complett entsprochen worden. Die Canaldämme stehen, sowohl auf die Windrichtung, als wie auf die Richtung der Sandbank fast normal, so dass der windseitig gelegene Canaldamm die längs der Küste sich bewegenden Materialien der Wellenströmungen aufzuhalten und die Spülkraft des lagunaren Ebberückstromes bei der Arbeit der Vertiefung des Canales zu schützen vermag. Die nach SE fixirte Canalaxe bringt dem projectirten Hafencanal weiters den grossen Vortheil, dass die Schiffe auch bei den heftigen

---

1. Die Querschnittweite des bestehenden Lidocanales beträgt in der Wassertiefe von 8$^{met.}$ . . . . 450$^{met.}$

2. Bei einer Tiefe von 5 bis 6$^{met.}$ beträgt die Querschnittweite des Canales von S. Erasmo . . . . 150$^{met.}$

3. und bei der Tiefe von 6 bis 8$^{met.}$ beträgt die Querschnittweite des Canales von Treporti . . . . 405$^{met.}$

Hiezu noch ein Zuschlag, welcher für die zwischen diesen Canälen befindlichen Lagunenpartien zu rechnen ist, z. B. in der Nähe des Dammes von Garzina, dann die Barenen zwischen dem Canal von Treporti und dem Lido von S. Erasmo . . . . 370$^{met.}$

daher würde sich aus der Summe der Breiten dieser natürlichen Canäle die Distanz der Steindämme des projectirten Canales ergeben mit . . . . 1375$^{met.}$

III. Annahme. In der I. Annahme wurde bei der Feststellung der Querschnittsweite des projectirten Canales am Lido, die Gesammtoberfläche sowohl der lebendigen als der todten Lagune, als Speisereservoir im Auge behalten. In der vorliegenden Annahme wird die Fläche der todten Lagune, da sie daselbst als Reservoir für die Aufspeicherung des Spülwassers bei der Feststellung der Canalweite nicht den Werth haben kann als die lebendige Lagune, je nach der Wassertiefe oder dem Grade des Verfalles entsprechend reducirt und nur die nutzbare Fläche in Rechnung gebracht.

a) Die Lagune von Malamocco innerhalb der früheren Grenzen hat an lebendiger Lagunenoberfläche . .	68·18 □Kilom.	
an todter Lagunen-Oberfläche 94·49 □Kilom. Als für die Speisung des Canales nutzbar darf nur die Hälfte derselben in Rechnung gebracht werden, demnach	47·24 „	
daher die totale nutzbare Lagunenoberfläche von Malamocco . . .		115·42 □Kilom.

und andauernden Südostwinden (Scirocco) leicht und sicher in den Hafen einfahren können. Zudem ist der Canal an der Windseite gegen die Küstenwellenströmungen desselben Windes, welche, wie aus der Fig. 1, Tafel I, hervorgeht, an dieser Küste von links nach rechts fliessen, durch den Damm vollkommen gedeckt. Der Nachtheil, dass die Mündung des projectirten Hafencanales, den Wellen des Scirocco in die Lagune direct einzutreten gestattet, wodurch das Wasser des stillen Beckens aufgewühlt und die Schlammmassen in die Canäle getragen werden, wird zum Theil durch den Vortheil aufgewogen, dass bei dieser Gelegenheit, wie schon an einer anderen Stelle erwähnt wurde, die Fluth verstärkt wird. Indem der Lagune auf diese Weise mehr Wasser zukommt, wirkt der Ebberückstrom um so kräftiger. Die Grundwellen

b) Die Lagune von Lido hat zwischen den früher angegebenen Grenzen an lebendiger Lagunenoberfläche	68·93 □Kilom.	
die Fläche der todten Lagune von 26·59 □Kilom. mit $^2/_3$ in Rechnung gebracht	17·72 „	
daher totale nutzbare Oberfläche der Lagune von Lido		86·65 □Kilom.
c) Die Lagune von S. Erasmo hat zwischen den früheren Grenzen an lebendiger Lagunenfläche . .	11·15 □Kilom.	
von der Fläche der todten Lagune mit 0·83 □Kilom. $^2/_3$ als nutzbar angenommen, ergibt	0·55 „	
daher die totale nutzbare Oberfläche der Lagune von S. Erasmo		11·70 □Kilom.
d) Die Lagune von Treporti hat zwischen den genannten Grenzen an lebendiger Lagunenoberfläche	64·88 □Kilom.	
von der Fläche der todten Lagune mit 99·52 □Kilom. die Hälfte als nutzbar angenommen, ergibt	49·76 „	
daher die totale nutzbare Oberfläche der Lagune von Treporti		114.64 □Kilom.

Die totale nutzbare Oberfläche der Lagune von Malamocco beträgt 115·43 □Kilom., jene der Lagunentheile von Lido, S. Erasmo und Treporti 213·02 □Kilom. und die Oeffnung des Canales von Malamocco 471$^{\text{met.}}$

Setzt man die Canalweiten den entsprechenden nutzbaren Lagunenoberflächen proportional, so ergibt sich die Oeffnung des projectirten Lidocanales mit: $x = \frac{471 \times 213}{115} = 872^{\text{met.}}$

werden übrigens auch etwas beitragen, die Bildung von Anhägerungen an der Mündung des Fahrcanales zu verzögern.

Cavaliere Oliva stellte in der Sitzung der Subcommission für die Erhaltung der Häfen von Venedig, vom 4. October 1871, den von Zambelli unterstützten Antrag, dass man die Canalaxe mehr nach Osten rücken solle. Wie aus der Situation Fig. 1, Tafel IV, zu ersehen ist, dürfte schon eine Abweichung von 6^0 von der Axe des Mati-Contin'schen Hafencanalprojectes genügen, um den von der Windseite kommenden Schiffen das Einfahren noch mehr zu erleichtern, und die Wellen des SE Windes der Lagune schwerer zugänglich zu machen. In derselben Sitzung wollte Bisognini, dass mit den Canaldämmen aus strategischen Gründen nicht bis zu $8^{met.}$, sondern bis zur Wassertiefe von $6^{met.}$ gegangen werden sollte, damit die feindlichen Schiffe nicht so leicht einfahren können. Cavaliere Mati entgegnet, dass solchen Eventualitäten durch Torpedos leicht abgeholfen werden könne.

Der windabseitige Damm der projectirten Canalanlage durchschneidet den bestehenden Canal von Lido, während der Canal von Treporti die Krümmung des windseitigen Dammes fast tangirt. (Siehe Fig. 1, Tafel IV, volle schwarze Linie). Unter solchen Verhältnissen

---

IV. Annahme. Die Oeffnung des projectirten Hafencanales am Lido wurde in dem Falle nur mit Rücksicht auf die Oberfläche der lebendigen Lagune berechnet und die todte Lagune, als Speisebassin betrachtet, davon ausgeschlossen. Die Canalweite von Malamocco beträgt $471^{met.}$ Die Oberfläche der lebendigen Lagune von Malamocco beträgt nach den oben gegebenen Darlegungen 68·18 □Kilom., jene der Lagune von Lido, S. Erasmo und Treporti zusammengenommen 144·97 □Kilom.

Indem wieder die Canalweiten, den Oberflächen der entsprechenden Lagunen proportional gesetzt werden, ergibt sich die Oeffnung des projectirten Canales von Lido: $x = \frac{471 \times 144}{68} = 997^{met.}$

Die Rechnungsresultate aus diesen vier Annahmen ergeben nur Näherungswerthe der Dammentfernung des projectirten Hafencanales am Lido, und zwar beträgt:

nach der	I.	Annahme die Querschnittweite des Canales	$787^{met.}$
„ „	II.	„ „ „ „ „	1375 „
„ „	III.	„ „ „ „ „	872 „
„ „	IV.	„ „ „ „ „	997 „

Das arithmetische Mittel dieser Werthe ergibt eine Canalweite von $1008^{met.}$ Die Ingenieure Mati und Contin haben ihrem Projecte, mit Hinblick auf das oben erhaltene Resultat eine Dammentfernung von $1000^{met.}$ zu Grunde gelegt. (Siehe Beilage A aus: „Relazione sulla regolarizzione del porto di Lido.“ Venezia 1874).

wird der durch den Canal von Lido herabkommende Rückstrom gezwungen sich gegen den Faro Pisotta zu wenden, und nach Vereinigung mit jenem von Treporti, quer zur bestehenden Sandbank abzufliessen; ein Umstand, welcher bei der Fixirung der Canalaxe in Erwägung gezogen wurde.

Von den oben erwähnten Gesichtspunkten ausgehend, haben die Ingenieure Mati und Contin drei Projecte entwickelt.

1. Bei dem ersten Projecte wurde angenommen, dass der Unterbau (Steinschüttung), nach denselben Principien wie bei Malamocco durchzuführen sei. In der Höhe der normalen Fluth (Commune) sollen die Dämme eine Breite von 8·5$^{met.}$, und als obersten Abschluss eine Quadermauer, in Cement ausgeführt, erhalten. Dem Kostenvoranschlage wurden die seinerzeit beim Baue des Hafencanales von Malamocco (1840 und 1850) bestandenen, contractlich festgestellten Einheitspreise zu Grunde gelegt. Auf dieser Grundlage betragen die Kosten des projectirten Canalhafens von Lido 9,600.000 Lire.

2. Für das zweite Project soll der Unterbau bis zur Commune ebenfalls aus Steinschüttung mit denselben Constructionsprincipien, wie beim Canalhafen von Malamocco durchgeführt werden. Die Breite der Dämme ist in der Höhe der Commune so wie beim vorher erwähnten Projecte, und den obersten Theil des Unterbaues soll ebenfalls eine in Cement ausgeführte Mauer abschliessen. Dem Kostenaufwande liegen jedoch nicht die alten, sondern die auf Grund neuer Preisanalysen entwickelten Einheitspreise (1871) zu Grunde. Mit Berücksichtigung dieses Umstandes würden die Gesammtkosten des projectirten Hafencanales auf 6,800.000 Lire zu stehen kommen.

3. Die dritte Variante desselben Projectes besteht im Unterbaue ebenfalls aus einer Steinschüttung, die Krone derselben wird nicht in dem früheren Niveau, sondern 0·5$^{met.}$ über der Commune angenommen. In der Höhe der Commune wird die Dammbreite auf 8$^{met.}$ reducirt, so dass die 0·5$^{met.}$ höher liegende Dammkronenbreite 6·5$^{met.}$ betragen würde. Die auf diesem Unterbaue zu setzende Mauer sollte, der geringeren Kosten wegen, aus künstlichen Steinmassen hergestellt werden. Auf Grundlage der beim zweiten Projecte entwickelten Einheitspreise, dann mit Rücksicht der geringeren Dimensionen des Unterbaues, endlich der billigeren Mauer, würden die Gesammtkosten dieses Projectes im Ganzen 5,700.000 Lire betragen.

Von der Küste des Litorale Cavallino angefangen, soll der Unterbau auf die Länge von 1270$^{met.}$ aus Bruchsteinen von Monselice geschüttet werden, der übrige Theil dieses, sowie der Unterbau des wind-

abseits gelegenen, vom Lido ausgehenden Dammes wird aus Istrianerstein hergestellt. An der Seite des Litorale Cavallino wird der Stein von Monselice deshalb zur Schüttung verwendet, weil die Pletten auf den continentalen Schiffahrtscanälen leichter verkehren können, und auch zur Baustelle eine bequemere Zufahrt gestatten. Mit den von Istrien kommenden grossen Steinschiffen könnte, wegen des seichten Wassers, die Baustelle direct gar nicht erreicht werden. Zum Schutze der Pletten gegen die Wellen ist an der Windseite der Baustelle eine Pfahlwand in Aussicht genommen, welcher dann später die weitere Aufgabe zufällt, den Dammfuss gegen den Wellenschlag zu sichern.

Die Projecte der Ingenieure Mati und Contin wurden in der vorher skizzirten Fassung von der „Comissione Reale pel miglioramento delle Lagune e Porti Veneti" angenommen und dem Ministerium der öffentlichen Arbeiten in Rom vorgelegt. Es scheint völlig plausibel, dass es sich hier nur um die Ausführung des zweiten und dritten Projectes handeln könne, und dass das erste Project nur zur Vergleichung in die Berathung einbezogen wurde. Auf die nähere Erörterung der constructiven Details der Dämme wird verzichtet, weil dieselben dem Wesen nach so einfacher Natur sind, dass sie jedem Fachmanne, auch ohne Zeichenskizzen, verständlich werden.

Schliesslich wäre noch des, nach denselben Principien wie bei Malamocco, von Romano entworfenen Projectes zu gedenken. Die Richtung seines Canalentwurfes ist fast dieselbe wie bei Mati und Contin, der windabseits gelegene Damm ist 400$^{met.}$ kürzer; bei einer Mündungsweite von 800$^{met.}$ erreicht dieser Canal die Meerestiefe von 10$^{met.}$

Die Bildungen erscheinen in der Natur, obwohl ihnen dieselben Gestaltungsursachen zu Grunde liegen, in den mannigfaltigsten Formen. Durch die Schwere bewegt, bauen die fallenden Wassermassen der Wildbäche an den Thalausgängen die mächtigsten Schuttkegel auf;*) die Flüsse nehmen nur jene Geschiebepartikel auf die Weiterreise mit, welche ihrer, von der allgemeinen Schwere belebten Stosskraft entsprechen; an dem Gestade des Meeres lassen sie den letzten Rest der Sedimente liegen und bauen damit das Schwemmland des Delta aus. Dieselben Ursachen liegen zumeist den Sandbankbildungen vor den Laguneneinfahrten zu Grunde. Wenn die fallenden Wassermassen des lagunären Ebberückstromes ihre Stosskraft im offenen Meere verbraucht haben, lassen sie die festen Stoffe ebenfalls sinken.

---

*) Die Schilderung der Thätigkeit des Wassers in einem Wildbachgebiet, siehe das obere Fellagebiet im Canalthale in Kärnten, 1881. Vom Verfasser.

Man hat am Continente die Gepflogenheit, die aus der Mündung des Seitenthales in das Hauptthal abfliessenden Wassermassen, zwischen Dämmen zu fassen, um die Geschiebe durch die concentrirte Wasserkraft nach uncultivirten Stellen des Hauptthales zu lenken, und sie dort, wenn sie anderswo zu viel Schaden anrichten zur Ablagerung zu zwingen.*) Den Hafencanälen liegt dieselbe Idee zu Grunde. Durch die Canaldämme wird das rückfluthende Wasser des lagunaren Ebbestromes zusammengehalten und gezwungen, die vor Laguneneinfahrten liegende Sandbank (siehe Tafel IV, Situation Fig. 1, Querschnitt EE' nebst dem entsprechenden Bilde auf Tafel I)**) anzugreifen, die Canalsohle zu vertiefen und das aufgewühlte Materiale in das offene Meer zu tragen. Die Ablagerungsstelle für die Sedimente wird in dem Falle einfach um die Canallänge in das offene Meer vorgeschoben und die Versandung der Laguneneinfahrten auf diese Weise verzögert.

Damit die Bildung von Sandbänken vor den Hafencanalmündungen verhindert werde, schlägt Cialdi vor, die Kraft der Wellen und Wellenströmungen darauf einwirken zu lassen und die Materialien durch dieses Vehikel windabseits zu treiben. Den Entwurf zu einer derartigen Anlage legte der Erfinder schon im Jahre 1855 der „Accademia Pontificia dei Nuovi Lincei“ vor, und sie besteht in Folgendem: Die Dämme der Hafencanäle werden wie bei Malamocco (siehe Fig. 13, Tafel I) oder bei dem besprochenen Mati-Contin'schen Projecte für den Lido (siehe Fig. 1, Tafel IV) beibehalten. Am Kopfe des windseitig gelegenen Canaldammes fügt Cialdi zur Küste parallel einen Arm MN an, mit der Bestimmung, die durch die Wellenströmung von der Küste herab nach der Canalmündung unterhaltene Sedimentzufuhr aufzuhalten. In der Flucht desselben Hauptdammes wird, nach Freilassung der Oeffnung MO, ein zweites Dammstück OP für sich bestehend angeordnet. (Siehe Situation Fig. 1, Tafel IV, Project am Lido, die gestrichelten Linien MN und OP). Den Hauptbestandtheil der Cialdi'schen Erfindung bildet der Arm MN, welcher die von der Küste herab kommenden Sedimente von der Canalmündung abzuwehren hat, derselbe soll der Oeffnung MO gleich, jedoch nie länger als 400$^{met.}$ gemacht werden.

Weil derartige Canalanlagen die Richtung der Wellen und Wellenströmungen der herrschenden Oberwinde durchschneiden, so wird bei

*) Beiträge zu Tracestudien über Eisenbahnanlagen im Bereiche von Schuttkegeln. 1881. Vom Verfasser. Verlag von E. L. Morgenstern in Leipzig.

**) Die Querprofile Fig. 7 bis 12, Tafel I, wurden den in vergrössertem Massstabe gezeichneten Plänen, der schon vorher öfter citirten Aufnahmen entnommen.

näherer Betrachtung des Cialdi'schen Entwurfes, durch die Stauung des Wellenstromes in dem Raume MOPN (siehe Fig. 1, Tafel IV, Canal Lido) an der Windseite des Dammkopfes gespanntes Wasser erzeugt, welches nur durch die Dammöffnung MO nach der Canalmündung entweichen kann. Demnach fliesst der so erzeugte Spülstrom fast normal zur Canalaxe ab, wird ausserdem, namentlich bei sehr erregter See, durch die am Arme MN reflectirten Meereswellen, in der Kraftäusserung, die Sedimente der Canalmündung windabseits zu tragen, wesentlich unterstützt.

Die modernen Hafencanäle erlauben es, dass die Cialdi'sche Erfindung, ohne zu grosse Mehrkosten und ohne Schwierigkeiten verwirklicht werden könne. Sowohl die Mündung des Hafencanales von Malamocco, wo sich, wie bereits bemerkt, eine neue Sandbank bildet, als wie jene der Mati-Contin'schen (siehe Fig. 1, Tafel IV) oder Romano'schen Hafencanalprojecte könnte ohne Hindernisse nach dem eben erörterten Entwurfe ausgestattet werden. Die Ausführung der Cialdi'schen Erfindung kann den Hafencanälen, selbst bei einem gänzlichen Misserfolge, in keiner Weise Schaden bringen, und den Zweck der ganzen Anlage nie in Frage stellen. Durch die Schliessung der Oeffnung MO (siehe Fig. 1, Tafel IV) würde das Princip eines gewöhnlichen künstlichen Hafencanales wieder vollends gewahrt werden, und die Kosten des Armes MN wären in diesem Falle keineswegs ganz verloren, weil derselbe, die von der Küste herab, nach der Hafencanalmündung erfolgende Sedimentzufuhr durch längere Zeit aufhalten dürfte. Würde die Erfahrung zeigen, dass die Oeffnungsweite MO, durch welche übrigens auch die Schiffe verkehren könnten, den erhofften Wirkungen nicht entspricht, so hat man es immer in der Hand diese Oeffnung auf Kosten der Verlängerung der Dämme zu verkleinern. (Siehe Fig. 1, Tafel IV, Canal Lido.)

So wie seinerzeit das Paleocapa'sche Hafencanalproject von Malamocco vielfach bekämpft und die Gegner erst durch den thatsächlichen Erfolg zum Schweigen gebracht wurden, in eben der Weise wird auch der practische Werth des Cialdi'schen Entwurfes von einigen Fachmännern negirt, von vielen wieder vertheidiget.

Der eben erörterte Vorschlag, die Hafencanalmündungen mit Hilfe eines, aus den Wellen und Wellenströmungen erzeugten Spülstromes, rein zu halten, hat von vielen hervorragenden Fachmännern, wie z. B. von Tessan, Chevallier, Merrefield, Bertin, Turazza, Laffon de Ladèbat, Noël, Caligny, Francolini, Fouet, Briot, Mennini, Secchi, Ponzi u. v. A. eine sehr günstige Beurtheilung gefunden. Tessan ist für die Richtig-

keit des Cialdi'schen Entwufes in der Academie der Wissenschaften in Paris eingetreten; nur fürchtet er, dass die aus dem Trichter NMO stürzenden Wassermassen sich in der Hafencanalmündung ausbreiten, und die Materialablagerung an gewissen Stellen begünstigen werden. Weiters dürfte dieser Spülstrom die an der Mündung des Canales angekommenen Schiffe in der Flanke fassen und die Bewegungen derselben während der Einfahrt erschweren. Chevallier ist derselben Ansicht.

Unter den Gegnern des Cialdi'schen Projectes wäre Paleocapa besonders hervorzuheben. Dieser hervorragende Fachmann bestritt die Richtigkeit der Theorie der Wellenströmungen und wollte denselben die fortschaffenden Eigenschaften in dem Masse, wie es besprochen wurde, nicht zuerkennen. Er greift diesen Entwurf auch von practischem Standpunkte durch die Einwendung an, dass der Arm MN (siehe Fig. 1, Tafel IV) der Action der Küstenwellenströmung nur hinderlich und dass, wie schon Tessan bemerkte, für den Fall als der Spülstrom den Erwartungen Cialdi's entspricht, dem Einfahren der Schiffe an der Mündung beschwerlich sein werde.

Wenn der Cialdi'sche Entwurf irgendwo verwirklicht werden sollte, so würde sich der lagunare Ebberückstrom mit dem aus der Dammöffnung MO tretenden Spülstrome an der Hafencanalmündung allerdings schneiden. (Siehe Fig. 1, Tafel IV, Canal Lido). Die Thätigkeit des lagunaren Ebberückstromes beginnt nach dem Eintreten der Ebbe und endet mit der steigenden Fluth. Zur Fluthzeit wird demnach der Cialdi'sche Querspülstrom durch den lagunaren Ebberückstrom an der Mündung nicht alterirt, sondern nur zur Ebbezeit. Sowie weiters die Spülkraft des lagunaren Ebberückstromes von der Fluthhöhe und der Menge des zur Fluthzeit in die Lagune tretenden Wassers bestimmt wird, ebenso wird auch die Intensität des durch die Dammöffnung MO zur Geltung gelangenden Spülstromes von dem Grade der Meereserregung abhängen. Es wird daher bei ruhiger See wahrscheinlich der lagunare Ebberückstrom, bei stürmisch erregtem Meere hingegen der Querstrom, an der Canalmündung die Oberhand gewinnen, aber beide Spülströme werden zur richtigen Zeit zur Reinhaltung des Canales und der Canalmündung das ihrige beitragen. Wird die Natur dieser Spülströme auf diese Weise abgewogen, so kann man sich der Ansicht nicht verschliessen, dass ein guter Erfolg eines ausgeführten Cialdi'schen Entwurfes, auf dem Gebiete des Hafencanalbaues einen grossen Fortschritt verzeichnen würde.

Es ist begreiflich, dass die unter dem Einflusse des windseitigen Spülstromes windabseits sich aufbauende Sandbank, der Mündung des Hafencanales mit der Zeit ebenfalls schädlich werden müsste. Dieser Eventualität kann abgeholfen werden, wenn der Canal um eine Dammöffnung MO verlängert wird. Damit dieselben Effecte erzielt werden, müsste eine gewöhnliche Canalverlängerung viel grösser sein, wodurch nach den bereits gegebenen Erörterungen die mögliche Lebensdauer der ganzen Anlage sich bedeutend abkürzen müsste.

Die Regulirung der Canäle von Lido, S. Erasmo und Treporti, dann die Verbesserung des Canales von Malamocco, müsste der Stadt Venedig, nicht nur in maritimer Hinsicht, sondern auch der Werthsteigerung des unbeweglichen Privateigenthumes gerade jetzt unberechenbare Vortheile bringen. Mögen sich alle auf die Erhaltung der vielbesuchten Lagunenstadt abzielenden Projecte realisiren, und möge der Perlenschmuck der prachtvollen Monumentalbauten, welchen die sterbende Königin der Adria auf der Zenithöhe ihres Glückes an so manchem frohen Vermählungstage im stolzen Festgewande zur Schau getragen, der Nachwelt in gesunder Lagune noch lange erhalten bleiben.

Als literarische Quellen wurden ausser den bereits angeführten Arbeiten benützt:

Sonnklar Carl, Grundzüge einer Hyetographie des österreichischen Kaiserstaates. Mittheilungen der k. k. geographischen Gesellschaft. IV. Jahrgang.

Raulin Victor, Professor an der Faculté des sciences zu Bordeaux. Ueber die Vertheilung des Regens im Alpengebiete von Wien bis Marseille. Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie. XIV. Band. 1879.

Zendrini B., Memorie storiche delle stati antico e moderno della laguna di Venezia.

Zollikofer W., Bassin hydrographique du Po.

Statistica della Provincia di Venezia. Venezia coi tipi dello stabilimento Antonelli 1870.

Riflessione sopra i Fiumi e le Lagune. Impresse nella tipografia di Giuseppe Picotti. 1 anno 1817.

Rumpf J., Professer in Graz. Ueber Thalwege. Eine geologische Skizze, und sonstige Schriften desselben Verfassers.



Tabelle I.

Niederschlagsmengen folgender meteorologischer Beobachtungsstationen des norditalienischen hydrographischen Beckens.

Station	Seehöhe in Meter	Beobachtungs-Jahre	Jahressumme an Niederschlag in mm.	Von der Jahresniederschlagssumme entfallen auf: die kalte Jahreszeit	die warme Jahreszeit	Winter	Frühjahr	Sommer	Herbst
I. Piemont.									
Alba Pompea	—	3	696	449	247	184	155	112	245
Alessandria	97	15	636	377	259	152	160	114	210
Aosta	600	8	547	313	234	139	120	121	168
Gr. St. Bernhard	2478	29	1200	589	611	259	321	270	350
Kl. St. Bernhard	2160	2	1629	792	837	397	317	415	499
Biella	388	9	1017	372	645	137	304	329	347
Bra	284	3	917	630	287	154	198	104	461
Casale	131	5	816	492	324	181	197	178	260
Cogne	1543	3	754	446	308	109	214	130	301
Domo d'Ossola	300	2	2130	1280	850	324	632	301	872
Genua	48	40	1318	839	479	344	267	165	542
Ivrea	260	30	1391	511	880	147	410	405	429
Moncaliere	267	9	783	387	396	123	205	206	249
Mondovi	556	7	900	511	359	193	236	187	284
Pallanza	218	6	2362	1135	1227	271	647	480	963
San Remo	20	9	730	479	251	193	194	69	274
Sacra St. Michele	920	4	853	400	453	129	263	221	239
Simplom	2008	9	773	403	370	157	193	176	248
Turin	276	58	926	342	584	128	257	264	278
Valdobbia	2548	3	1506	861	645	346	411	287	462
Vercelli	150	3	810	404	406	133	222	144	310
Valpegliano	238	4	807	543	264	180	155	133	339
II. Lombardie.									
Bergamo	389	3	1000	551	449	230	216	236	317
Bologna	84	3	651	413	238	135	147	91	278
Brescia	140	12	1288	724	563	308	309	269	401
Cottaglio	—	2	845	513	332	246	241	120	238
Collio	929	3	1700	910	790	395	416	370	519
Guastalla	30	25	814	428	386	175	214	150	275
Lodi	85	6	817	475	342	176	166	171	304
Mantua	25	13	798	403	395	175	200	193	230
St. Maria	2473	4	2485	1021	1464	563	558	813	551
Mailand	147	87	999	499	500	205	242	240	311
Pavia	98	50	746	397	349	168	191	144	243
Parma	139	2	632	402	230	126	136	94	276
Rovigo	6	2	811	475	336	252	222	114	223
Salo	70	2	1064	412	652	166	303	267	328
Stilfserjoch	—	2	1177	253	924	93	407	374	303

Station	Seehöhe in Meter	Beobachtungs-Jahre	Jahressumme an Niederschlag in mm.	Von der Jahresniederschlagssumme entfallen auf					
				die kalte Jahreszeit	die warme Jahreszeit	Winter	Frühjahr	Sommer	Herbst
III. Venetien.									
Anguillara	6	4	788	459	329	257	149	145	237
Belluno	404	3	1198	581	617	283	288	340	288
Castelfranco . . .	—	5	994	554	440	235	204	254	304
Ceneda	—	4	1608	926	682	471	310	379	447
Chioggia	1	25	827	426	400	195	162	208	262
Clodia	—	2	720	412	308	189	163	103	265
Conegliano . . .	50	17	1296	629	667	247	279	363	407
Feltre	—	8	1783	918	865	319	363	507	594
Ferrara	15	8	716	385	332	168	182	167	200
Marostica	—	4	766	206	560	198	185	182	201
Martellago . . .	—	4	1038	463	575	179	213	302	345
Monte Belluno . .	—	4	1309	706	603	316	282	397	314
Oderzo	—	8	1084	572	512	234	236	272	342
Padua	11	59	866	413	453	167	217	220	261
Sacile	—	15	1553	770	783	323	341	410	478
Schio	—	22	1312	688	624	300	294	311	408
Val Dobbiadene . .	—	24	1610	801	809	315	362	405	528
Venedig	20	30	774	444	330	132	186	184	273
Verona	45	73	859	364	495	144	209	247	259
Vicenza	66	12	1082	572	510	235	230	264	353
IV. Friaul.									
Cercivento	—	21	2075	958	1117	329	406	609	731
Spilimbergo . . .	—	6	1461	654	807	292	264	444	461
Tolmezzo	336	25	2348	1127	1221	461	512	610	765
Udine	116	40	1579	684	895	276	344	466	493
V. Krain und Küstenland.									
Görz	74	7	1576	804	772	334	357	396	488
St. Magdalena . .	854	11	1663	880	783	276	416	339	632
St. Peter bei Görz .	88	2	1389	690	699	368	321	387	414
Triest	24	28	1094	546	548	196	247	243	409
VI. Kärnten.									
Luggau	1143	3	1322	558	764	224	332	376	389
Pontafel	564	5	1808	948	860	394	437	439	538
Raibl	981	7	2038	986	1052	376	424	563	676
Saifnitz	817	20	1390	605	785	208	344	401	436

Station	Seehöhe in Meter	Beobachtungs-Jahre	Jahressumme an Niederschlag in mm	Von der Jahresniederschlagssumme entfallen auf: die kalte Jahreszeit	die warme Jahreszeit	Winter	Frühjahr	Sommer	Herbst
VII. Südliches Tirol.									
Bozen	289	5	731	259	472	91	228	219	193
Innichen	1165	4	764	208	556	37	219	275	233
Lardaro	729	4	1428	670	758	260	374	356	438
Meran	310	8	718	309	409	97	160	225	237
Plan-Platt	1627	5	1073	384	689	86	322	322	343
Prägarten	1296	7	925	393	532	179	203	303	241
Riva	66	5	1115	515	600	214	266	310	325
Roveredo	208	7	986	484	502	132	277	257	320
Sterzing	996	5	788	309	479	91	163	269	265
Sulden	1832	7	857	231	626	106	198	312	241
Toblach	1252	2	873	305	568	99	131	412	232
Trient	156	10	993	487	506	203	208	280	301
VIII. Südliche Schweiz.									
Bellinzona	229	9	1737	680	1057	132	405	520	680
Bernhardino	2070	9	2235	1077	1158	231	533	625	846
Brussio	777	7	594	218	376	66	126	179	223
Castasegna	700	10	1524	593	931	144	342	468	570
Faido	722	3	1366	678	688	200	333	338	495
St Gotthard	2093	—	1688	812	876	280	576	300	532
Lugano	275	10	1613	656	957	201	390	499	522
Mendrizio	355	3	1481	759	722	201	420	330	530
Monte Generoso	224	4	1915	871	1044	295	298	635	687
Splügen	1471	9	1459	521	938	146	391	457	465
St. Vittore	268	5	1549	702	848	261	399	441	448

Tabelle II.

Absolutes Eintreffen der Windströmungen in Venedig, aus den Beobachtungen vom Jahre 1836 bis 1865.

Monate	Windrichtungen															
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
Jänner . . .	190·32	164·16	136·92	55·56	43·01	31·54	20·40	7·88	10·75	10·75	24·73	26·88	53·40	27·60	79·93	107·17
Februar . . .	123·97	129·48	171·59	113·34	71·07	27 53	48 01	26·76	25·98	22·43	29·91	27·16	24·79	20·86	57 06	70·06
März	81 00	97 49	143·01	92·47	108·24	75 99	78 50	70·97	75·63	40·14	35·12	25 45	22·58	9·32	21·15	22·94
April	46 67	65·55	95·55	77·78	98·88	70·75	123·34	107·03	100·74	65·93	48·15	15·18	17·78	11·48	29·26	25·93
Mai	45·17	60·59	70·26	67·78	79·93	79·57	122·58	113·98	99·23	73·48	57·35	25·45	21·51	13·42	32·62	37·28
Juni	52·59	65·93	76·30	53·33	74·07	69·63	117·04	119·63	118·89	54·45	46·67	29·63	23·33	23·70	33·33	41·48
Juli	58·78	69·53	107·16	51·25	64 87	86·73	132·97	115·77	101·07	51·61	54·54	22 58	13·26	12·54	26·88	30·46
August . . .	79·57	89·60	116·47	50·90	82·44	83·51	119·35	98·92	95·34	37·27	35·12	22·58	17·56	13·62	30·10	27·60
September . .	88·89	97·03	116·29	68·51	83·33	61·48	88 14	69 26	87·03	42 96	54·81	22·59	26·29	14·81	22·96	45·55
October . . .	117·56	119·71	141·56	102·86	64·86	35·12	54·53	35·12	35 12	29·03	74·91	36·55	30·10	27·24	41·20	54·53
November . .	150·37	178·15	151·11	62·59	74·82	28·52	29·63	21·85	28·15	16·80	30·74	29·63	64·07	41 85	47·78	84·44
December . .	156·63	154·48	185·30	79·57	33·69	23·66	16·85	16·85	9·68	10·04	24·01	23 30	34 41	36·91	96·41	98·21
Jährl. Mittel .	99·26	104·25	125·79	72·76	73·98	56·37	81·16	67·20	65·74	37 90	43·08	25·58	29 05	21·11	44·05	53·72

Tabelle III.

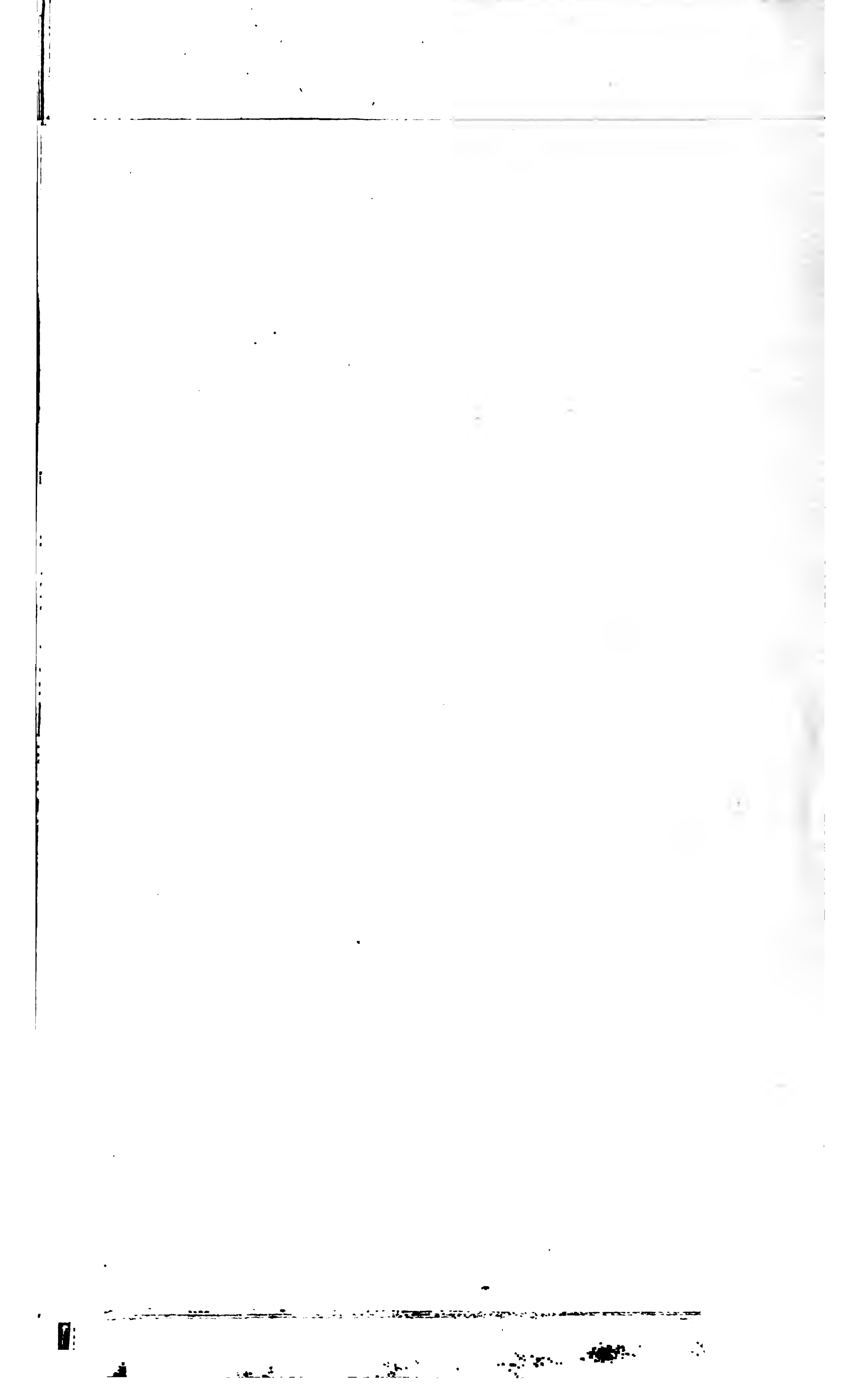
Die Temperaturverhältnisse in Venedig.
In Celsius-Graden.

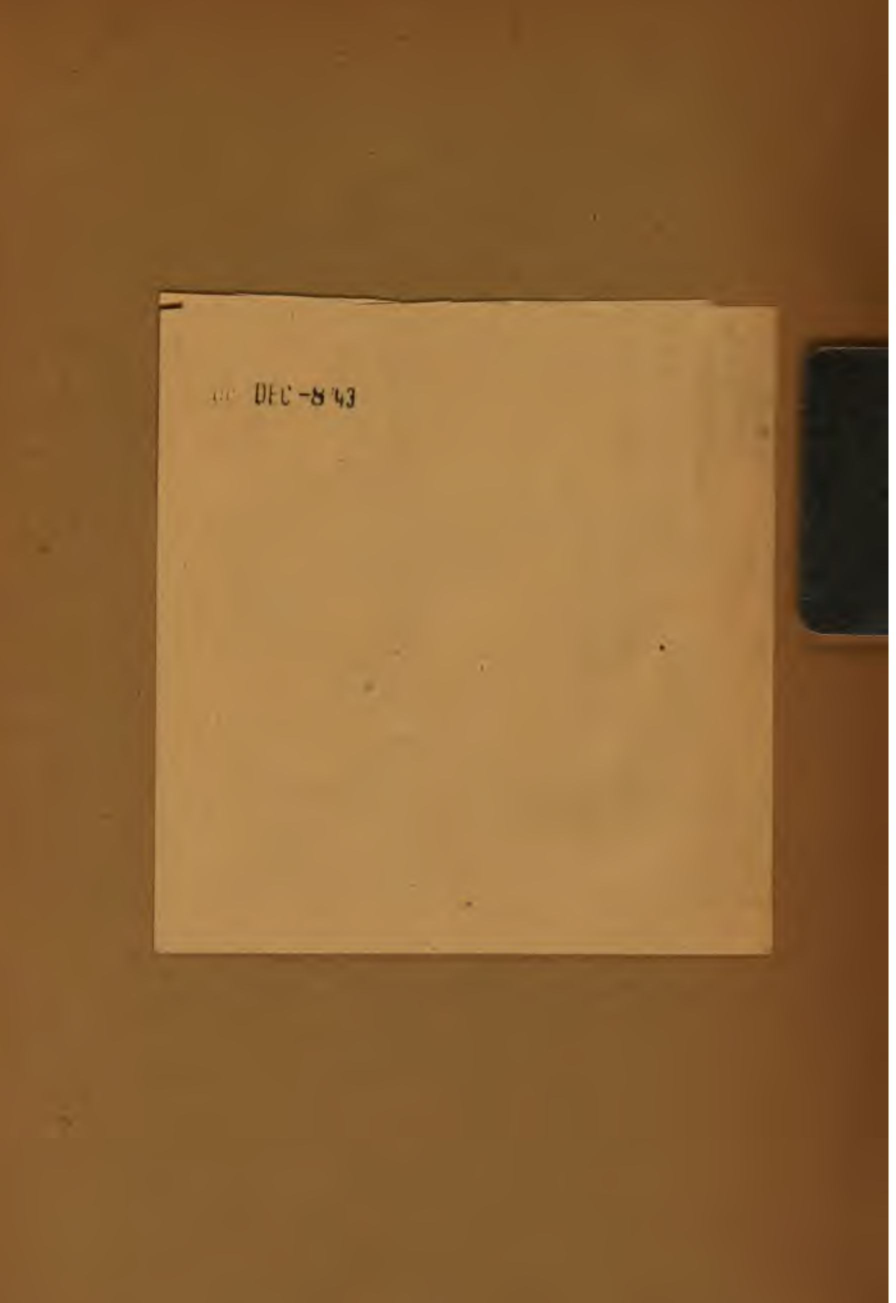
Monate	Mittlere monatliche Temperatur		Mittel aus den Temperaturs-Extremen und ihre tägl. und monatl. Schwankungen			
	Mittel	Differenzen	Mittel		Schwankungen	
	0	0	absol. Max.	absol. Min.	monatl. Mittel	täglich
Jänner	+ 2·4°		+ 7.90	− 3·04	10·94	4·2
Februar	4·45	− 2·05	10·44	− 1·73	12·17	6·5
März	7·84	3·39	14·63	+ 0·02	14·61	6·4
April	12·38	4·54	20.02	4·92	15·10	7·3
Mai	17·28	4·90	24·88	9·69	15·19	8·5
Juni	21·98	4·70	27·90	14·70	13·20	9·8
Juli	23·51	1·53	29·40	16·47	12·93	9·4
August	23·07	+ 0·44	28·89	16·21	12·68	7·4
September	19·16	4·91	25·66	12·52	13·14	6·2
October	15·13	4·03	20·77	8·43	12·34	5·5
November	8·33	6·80	15·07	1·58	13·49	5·1
December	3·84	4·49	9·76	− 2·62	12·38	3·1
Winter	—	—	9·36	− 2·46	11.83	4·6
Frühjahr	—	—	19·84	+ 4·88	14·96	7·4
Sommer	—	—	28·73	15·79	12·94	8·8
Herbst	—	—	20·50	7·51	12·99	5·6
Für das Jahr	13·88	—	19·61	+ 6·43	13·18	6·6

Tabelle IV.

Niederschläge in Venedig.

Monate	Mittlere jährliche gefallene Regenmenge mm.	Mittlere Anzahl der Regentage im Jahre	Mittlere Wassermenge pr. Regentag	Grenzen der Regentage		Grenzen der gefallenen Regenmenge		Schneetage	Nebeltage
				Max.	Min.	Max.	Min.		
Jänner	35·92	5·6	6·23	11	0	112·41	0·0	2·23	7·4
Februar	47·06	5·6	8·27	15	0	173·28	0·0	1·60	4·2
März	45·64	7·0	6·72	18	0	150·38	0·0	1·03	2·2
April	57·09	8·3	6·83	17	1	153·76	4·11	0·30	1·2
Mai	83·15	9·7	8·55	18	4	207·51	25·45	0·03	0·8
Juni	67·25	7.6	8·84	15	1	157·35	2·26	—	0·5
Juli	58·53	5·9	9·90	12	2	128·36	4·87	—	0·7
August	58·05	6·8	8·52	14	1	278·95	0·45	—	0·8
September	85·58	8·3	10·26	17	2	218·47	4·58	—	0·9
October	102·50	9·5	10·72	19	4	263·83	17·28	—	3·3
November	84·55	9·6	8·73	16	3	222·50	14·44	0·23	3·6
December	48·83	6·3	7·47	15	0	102·71	0·00	1·10	6·6
Winter	131·82	17·5	7·35	—	—	—	—	4·93	17·2
Frühjahr	185·88	25·0	7·36	—	—	—	—	1·36	4·2
Sommer	183·83	20·3	9·08	—	—	—	—	—	2·0
Herbst	272·63	27·4	9·90	—	—	—	—	0·23	7·8
Für das Jahr . . .	774·16	90·2	8·46	—	—	—	—	6·52	31·2




DEC -8 '43


Eng 1018.82
Die Versandung von Venedig und ihre
Cabot Science 005626381
3 2044 091 910 695